O SISTEMA DE INOVAÇÃO
NO SETOR DE DEFESA NO BRASIL:
PROPOSTA DE UMA
METODOLOGIA DE ANÁLISE PROSPECTIVA
E SEUS POSSÍVEIS CENÁRIOS

Brasília
2013

O SISTEMA DE INOVAÇÃO
NO SETOR DE DEFESA NO BRASIL:
PROPOSTA DE UMA
METODOLOGIA DE ANÁLISE PROSPECTIVA
E SEUS POSSÍVEIS CENÁRIOS

Tese apresentada à Universidade de Brasília, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Administração.

Orientador: Prof Dr Luiz Guilherme de Oliveira

Brasília

2013

O SISTEMA DE INOVAÇÃO
NO SETOR DE DEFESA NO BRASIL:
PROPOSTA DE UMA
METODOLOGIA DE ANÁLISE PROSPECTIVA
E SEUS POSSÍVEIS CENÁRIOS

Tese apresentada à Universidade de Brasília, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Administração.

Aprovado em 18 de fevereiro de 2013.

BANCA EXAMINADORA

____
Luiz Guilherme de Oliveira - Prof Dr
Presidente - Universidade de Brasília

____
Ricardo Corrêa Gomes - Prof Dr
Examinador Interno - UnB

____
Arthur Trindade Maranhão Costa – Prof Dr
Examinador Interno - UnB

____
Carlos Henrique Rocha – Prof Dr
Examinador Interno - UnB

____
Maria Beatriz Machado Bonacelli - Profa Dra
Examinadora Externa - UNICAMP

Dedicado à minha esposa Raquel.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof Dr Luiz Guilherme de Oliveira, meus sinceros agradecimentos pela orientação segura e objetiva e pelo apoio prestado desde a elaboração do projeto inicial deste trabalho.

Ao Prof Dr Ricardo Gomes meus agradecimentos pelos valiosos ensinamentos transmitidos na cadeira de metodologia de pesquisa e pelas orientações com relação a presente tese.

Aos Prof Dr Arthur Trindade Maranhão Costa e Profa Dra Maria Beatriz Machado Bonacelli, meus agradecimentos pelas orientações transmitidas por ocasião do exame de qualificação.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Administração da Universidade de Brasília, meus agradecimentos pelos relevantes ensinamentos transmitidos ao longo do curso.

Aos companheiros do Grupo de Política de Ciência, Tecnologia e Inovação, meus agradecimentos pelas discussões sadias que enriqueceram este trabalho.

“O futuro já não é o que costumava ser.”

(Arthur C. Clarke)

RESUMO

Este é um trabalho sobre estudos do futuro e gestão da ciência, tecnologia e inovação (CT&I). Em particular, desenvolveu-se uma metodologia de análise prospectiva para o setor de defesa no Brasil, a fim de apoiar o Estado na definição de prioridades em Pesquisa e Desenvolvimento de interesse da defesa. A pesquisa de campo realizada, ao longo de quatro anos, contou com a participação de quase 2.000 (dois mil) respondentes, das mais diversas áreas da sociedade, em três eixos distintos: sistemas e materiais de emprego militar; tecnologias; e indústria de defesa. Foram estudados e comparados os processos de análise prospectiva em defesa de seis países: Holanda, França, Reino Unido, Estados Unidos da América, Espanha e África do Sul. O setor de defesa brasileiro foi também analisado. Como um subproduto da pesquisa, desenvolveu-se uma ferramenta denominada Matriz de Análise de Cenários (MAC). Essa ferramenta MAC possibilita uma análise muito mais abrangente dos cenários prospectivos, e pode ser empregada em qualquer tipo de setor. Por fim, utilizou-se a própria ferramenta MAC para analisar os cenários do setor de defesa no Brasil em 2030.

Palavras-chave: estudos do futuro; gestão de ciência, tecnologia e inovação (CT&I); análise prospectiva; defesa; análise morfológica; matriz de análise de cenários.

ABSTRACT

This is a work about future studies and science, technology and innovation (ST&I) management. In particular, we have developed a methodology of foresight for the defense sector in Brazil to support the State in setting priorities for research and development of defense interest. The field research have been conducted over four years, with the participation of almost 2.000 (two thousand) respondents, from the most diverse areas of society, in three different axes: systems and materials for military use; technology; and defense industry. We studied and compared the processes of foresight in defense of six countries: Netherlands, France, UK, USA, Spain and South Africa. The Brazilian defense sector was also analyzed. As research's subproduct, we have developed a tool called Scenarios Analysis Matrix (SAM). This SAM tool enables much more comprehensive analysis of future scenarios, and can be used in any type of sector. Finally, we have used the MAC tool to analyze the scenarios of the defense sector in Brazil in 2030.

Keywords: future studies; science, technology and innovation (ST&I) management; foresight; defence; morphological analysis; scenarios analysis matrix.

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE QUADROS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ABIMDE	Associação Brasileira das Indústrias de Materiais de Defesa e Segurança
AF	Apoio de Fogo
BID	Base Industrial de Defesa
BRICS	Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul
DCT	Departamento de Ciência e Tecnologia
C2	Comando e Controle
CAEx	Centro de Avaliações do Exército
CGEE	Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear
CTEx	Centro Tecnológico do Exército
CTMSP	Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo
CT&I	Ciência, tecnologia e Inovação
DA	Defesa Antiaérea
DCTA	Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial
ECEME	Escola de Comando e Estado-Maior do Exército
HF	*High Frequency*
IIS	*The International Institute For Strategic Studies*
IME	Instituto Militar de Engenharia
ITA	Instituto Tecnológico de Aeronáutica
LASER	*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*
MAC	Matriz de Análise de Cenários
MCP	Mobilidade, Contramobilidade e Proteção
MTP	Matriz Tema-Programa
OCDE	Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OEA	Organização dos Estados Americanos
ONU	Organização das Nações Unidas
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PCTEG	Pólo de Ciência e Tecnologia do Exército na Guaratiba
PIB	Produto Interno Bruto

PPGEST	Programa de Pós-Graduação em Estudos Estratégicos da Defesa e Segurança
SFM	*Systemic Foresight Method*
SIPRI	*Stockholm International Peace Research Institute*
SISCTID	Sistema de Ciência e Tecnologia de Interesse da Defesa
SO	Sistema Operacional
STEEPV	*Social, Technical, Economic, Environmental, Political and Values*
SWOT	*Strenghts, Weaknesses, Opportunities and Threats*
TRL	*Technology ReadinessLevel*
UFF	Universidade Federal Fluminense
UFJF	Universidade Federal de Juiz de Fora
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
USP	Universidade de São Paulo
VANT	Veículo Aéreo Não Tripulado
VTNT	Veículo Terrestre Não Tripulado

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO

Análises Prospectivas apontam os BRICS (Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul) como as prováveis novas potências do século XXI (BARBEIRO, 2006). De fato, a continuar o crescimento econômico no ritmo atual, aliado aos avanços no campo social, o Brasil (6º maior Produto Interno Bruto) será, até 2020, a quinta economia mundial e, por volta de 2050, a quarta maior economia do mundo (FRANÇA, 2007). Somem-se a isso as recentes descobertas dos campos de petróleo na camada de pré-sal (OLIVEIRA, 2008), o aumento continuado da safra de alimentos (180 milhões de toneladas em 2012) (CONAB, 2012), a maior biodiversidade do planeta, a maior reserva subterrânea de água doce do mundo com os aquíferos Guarani e Amazônico, 93% das reservas de nióbio do globo (SILVA, 1994), uma política energética cada vez mais baseada em fontes renováveis (pró-álcool, biodiesel, etc.), a crescente distribuição de renda e a busca de uma cadeira permanente no Conselho de Segurança das Nações Unidas. Tudo isso aponta para a necessidade de nossa sociedade participar do esforço de construção de um forte setor de Defesa, capaz de respaldar as políticas de Estado inerentes a um *global player*, em que está se transformando o Brasil.

Inicialmente, faz-se necessário definir o que se entende por setor de Defesa. Este é composto não apenas pelas Forças Armadas nacionais de um país, mas também, e principalmente, pelas indústrias que produzem bens e serviços de interesse da defesa. Esses bens e serviços incluem, dentre outros, os seguintes: equipamentos bélicos (fuzis, viaturas blindadas de rodas e lagartas, submarinos, navios de guerra, aviões de combate, helicópteros, foguetes e mísseis), equipamentos de comunicações táticas e estratégicas, entre outros.

Ocorre que se torna difícil ao Estado realizar uma efetiva gestão da ciência, tecnologia e inovação (CT&I) no setor de Defesa, sem a definição de prioridades, que por sua vez são igualmente difíceis de definir sem a existência de cenários previamente levantados. É para isto que serve a análise prospectiva, atividade que

permite levantar cenários futuros, a partir dos quais o Estado pode definir objetivos com prioridades (política) e caminhos a seguir para alcançá-los (estratégia), buscando atingir um cenário desejado.

Já que esta tese trata da definição de uma metodologia, é importante estabelecer bem a diferença entre método e metodologia. De acordo com o dicionário Houaiss, método é “procedimento, técnica ou meio de se fazer alguma coisa, especialmente de acordo com um plano” (HOUAISS, 2001). Assim, no método não existe a preocupação de explicar o porquê dos passos adotados. O método diz apenas “o que fazer”. É normalmente aplicado em consultorias, nas quais o cliente não tem interesse em entender o “porque” do processo, e acredita no que o consultor diz. Metodologia vai além. Segundo o mesmo dicionário Houaiss, metodologia é “parte de uma ciência que estuda os métodos aos quais ela própria recorre” (HOUAISS, 2001). Assim, ao se estudar, pesquisar e desenvolver novas metodologias, está-se trabalhando no campo da ciência.

É importante, também, defender a relevância de uma metodologia de análise prospectiva que sirva de ferramenta para que o Estado conduza uma efetiva gestão de CT&I. De fato, uma metodologia é uma ferramenta, no sentido de que ela serve para uma tarefa útil, ou, ainda, para resolver um problema da sociedade. Aqui cabe ressaltar que a ciência da Administração está no campo das Ciências Sociais Aplicadas, ou seja, espera-se que a pesquisa em Administração contribua para a solução de um problema real enfrentado pela sociedade. No presente projeto, trata-se do problema de gerir a ciência, tecnologia e inovação no setor de defesa, para que este dê os resultados que a sociedade necessita.

Finalmente, defende-se a relevância da pesquisa de novas ferramentas como uma forma válida de se fazer ciência. O aperfeiçoamento da qualidade e precisão das ferramentas e instrumentos à disposição dos pesquisadores é um fator inequívoco de avanço da ciência (ROSENBERG, 2006). De fato, Galileu não teria se destacado como um dos maiores cientistas de todos os tempos, demonstrando que a Terra gira ao redor do Sol, se não houvesse aperfeiçoado sua ferramenta de

prospecção dos astros: o telescópio. Nesse sentido, a análise prospectiva, vista como uma ferramenta à disposição dos pesquisadores da área da Administração, permitirá avançar nos conhecimentos relativos à gestão. No entanto, assim como Galileu não se satisfez apenas em aperfeiçoar o instrumento, mas também o utilizou para olhar o céu, a presente pesquisa não se contentará apenas em elaborar uma ferramenta de análise prospectiva. Pretende-se utilizar a ferramenta para “olhar” o campo de interesse, ou seja: o setor de defesa. Esse “olhar” significará o levantamento dos cenários prospectivos do setor.

Portanto, além de definir e propor uma metodologia de análise prospectiva específica para o setor de Defesa, também se pretende levantar os cenários de longo prazo para esse setor no Brasil, utilizando a metodologia elaborada. É nesse quadro geral que se insere a presente Tese.

1.1 Características Gerais da Pesquisa

Esta seção apresenta as características gerais da presente tese de doutorado, o problema que motivou a pesquisa, a hipótese, as variáveis, os alcances e limites da pesquisa, as contribuições e justificativa.

1.1.1 Problema

É sabido que existem diversas metodologias de análise prospectiva. Porém, não existe uma “metodologia universal”, que possa ser aplicada a todos os setores da sociedade com a mesma eficácia. Isso ocorre porque a ciência dos estudos do futuro está longe de ser uma ciência exata.

Cada setor possui suas particularidades e necessita de respostas muito específicas para que se possam definir os cenários de longo prazo. Cenários políticos e estratégicos, por exemplo, podem ser levantados por método Delphi, combinados com a aplicação de Matriz de Impactos Cruzados (GRUMBACH, 2000).

Nesse caso, trata-se de uma metodologia de análise prospectiva estratégica que busca responder perguntas do tipo: “como estará o mundo no ano 2030?” Tal metodologia, no entanto, parece não ser a mais adequada para levantar cenários de setores específicos, como o setor de biotecnologia e o setor de defesa, por exemplo, tendo em vista o tipo de pergunta que deve ser respondida pelo processo de análise prospectiva. Nesse caso, o tipo de pergunta que deve ser respondida é: “quais tecnologias deverão ser dominadas no ano 2030?” Deve-se ressaltar que os dois tipos de perguntas apresentadas são substancialmente diferentes.

A dinâmica da ciência e tecnologia atual implica que a análise prospectiva do campo científico-tecnológico torna-se uma tarefa complexa e bastante específica, não podendo simplesmente adaptar as metodologias de análise prospectiva estratégica para o caso dos cenários científico-tecnológicos. Dessa forma, pode-se sintetizar o problema central da presente tese da seguinte forma:

“Não existe uma metodologia de análise prospectiva específica para o setor de defesa, que permita ao Estado brasileiro realizar uma efetiva gestão de CT&I.”

O que conduz logicamente à seguinte pergunta-chave:

“Qual deve ser a metodologia de análise prospectiva, focada na ciência e na tecnologia, que possibilite levantar os cenários de longo prazo no setor de defesa, a fim de viabilizar uma efetiva gestão de CT&I por parte do Estado brasileiro?”

1.1.2 Variáveis

Na presente pesquisa, foram inicialmente visualizadas três variáveis principais, chamadas aqui de “macrovariáveis”, a saber:

1) macrovariável I – os materiais e sistemas de defesa;

2) macrovariável II – as tecnologias de interesse da defesa; e

3) macrovariável III – a indústria nacional de defesa.

As macrovariáveis podem ser compostas por outras variáveis. Como variáveis componentes da macrovariável III, podemos citar as seguintes:

1) Desenvolvimento de Capacitações Tecnológicas Independentes;

2) Integração da Pesquisa com a Produção;

3) Estabelecimento de Regime Regulatório e Tributário Especial;

4) Eclosão de Conflito Armado na América do Sul;

5) Ampliação do Conteúdo Tecnológico dos Produtos e Serviços de Defesa;

6) Elevação do Nível de Capacitação de Recursos Humanos;

7) Participação Brasileira nas Operações de Paz;

8) Ampliação da Cooperação Militar do Brasil com Outros Países;

9) Participação de Empresas Estrangeiras no Brasil;

10) Desenvolvimento de Arma Nuclear;

11) Aprimoramento da Infra-Estrutura de P&D;

12) Criação de um Ambiente Favorável à Inovação;

13) Implantação de Mecanismos de Financiamento;

14) Interesse da Sociedade nos Assuntos de Defesa;

15) Integração das Iniciativas de CT&I de Interesse da Defesa;

16) Estabelecimento de Política para a Valorização de Recursos Humanos;

17) Implantação de Sistemática de Planejamento Estratégico;

18) Evolução do Orçamento da Defesa;

19) Participação das Forças Armadas em Operações Policiais; e

20) Criação de um Parque Tecnológico de Defesa.

E, ainda, cada uma das 20 variáveis citadas acima é composta pelas seguintes variáveis:

1) probabilidade;

2) impacto;

3) prazo; e

4) relevância.

1.1.3 Alcances e Limites

A pesquisa foi delimitada em uma parte do Estado, pelo fato de que seria impraticável em um curso de doutorado realizá-la em todo o escopo do Estado brasileiro, devido ao tamanho do mesmo. Assim, foi escolhida uma organização ao mesmo tempo representativa do Estado e do setor de defesa, cujas características se mostrassem adequadas para a realização da pesquisa. A organização em questão é o Exército Brasileiro. Sendo uma organização ligada ao setor de defesa, considerou-se viável utilizar o Exército Brasileiro como unidade de análise para a pesquisa.

A principal limitação da pesquisa residiu na dificuldade de obtenção de informações para a definição da metodologia de análise prospectiva a ser empregada. Isso se deu pelo fato de que não havia muitos dados públicos disponíveis sobre análise prospectiva no setor de defesa, especialmente nos países estrangeiros. Isso obrigou a que o pesquisador realizasse uma parte da pesquisa no exterior, no caso no Reino Unido, a fim de estudar *in loco* e obter as informações necessárias para definir a metodologia mais adequada para o processo de análise prospectiva no setor de defesa no Brasil. Outra limitação que se constatou para a pesquisa é que, para validar de forma ideal a metodologia de análise prospectiva desenvolvida, ter-se-ia que esperar o passar dos anos e, até se chegar ao ano de 2030, verificar se os cenários e as antecipações obtidas pela metodologia iriam se confirmando ou não. Isso é, evidentemente, impraticável. Portanto, há que se procurar outra forma de validar a metodologia de análise prospectiva proposta.

1.1.4 Contribuições

O trabalho proposto pretende trazer as seguintes contribuições:

1) ampliação do conhecimento no campo da Administração, no campo dos estudos do futuro e no campo da gestão da ciência, tecnologia e inovação;
2) ampliação do entendimento a respeito do setor de defesa no Brasil;

3) possível aplicação da metodologia proposta em outras organizações públicas e privadas; e
4) aumento da integração da Academia com o setor de Defesa, ampliando o debate sobre o tema Defesa Nacional na Universidade de Brasília.

1.1.5 Justificativa

A pesquisa se justifica principalmente por dois motivos:

1) existência de poucos estudos acadêmicos a respeito de estudos do futuro e análise prospectiva no Brasil; e

2) existência de poucos estudos acadêmicos a respeito de gestão no setor de defesa no Brasil.

Com relação aos estudos do futuro, verificam-se pesquisas realizados por entidades não-acadêmica e entidades acadêmicas. As principais entidades não-acadêmicas onde se verificou a existência de pesquisa sobre os estudos do futuro são o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE, 2012), Departamento de Ciência e Tecnologia do Exército Brasileiro (DCT, 2012), e algumas poucas empresas tais como a Brainstorming (Brainstorming, 2012). O CGEE trabalha com análise prospectiva há alguns anos, já tendo organizado alguns ventos importantes, como o seminário “*Foresight: from theory to practice”*, em 2010 e o “Seminário Internacional de Prospecção em CT&I”, em 2005.

Na área acadêmica, constata-se a ocorrência de uma tímida iniciativa no país, com um curso de especialização ministrado no Instituto Militar de Engenharia, em 2005 (IME, 2008). Foi constatada, também, uma incipiente iniciativa na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC, 2008). Encontram-se, ainda, alguns estudos no campo da análise prospectiva e análise de cenários na Universidade de Campinas (ZACKIEWICZ, 2002; e ZACKIEWICZ, 2004; Valle, 2005). Verifica-se, ainda, alguma pesquisa nessa área realizada na USP (AULICINO, 2006 e 2006a). Dessa forma, a pesquisa se justifica pela necessidade de ampliar os conhecimentos científicos sobre análise prospectiva no Brasil.

Com relação aos estudos sobre defesa no Brasil, destacam-se os estudos realizados no âmbito das Forças Armadas, principalmente nas escolas de formação de oficiais, de aperfeiçoamento e de altos estudos militares. Destacam-se nesse contexto a Escola de Comando e Estado-Maior do Exército (ECEME, 2012), a Escola de Guerra Naval e a Escola Superior de Guerra, esta última subordinada ao Ministério da Defesa. Além desses estabelecimentos de ensino das Forças Armadas, verificam-se iniciativas para promover o debate sobre o setor de defesa no Estado-Maior do Exército, particularmente por meio da 7ª Subchefia (EME, 2012) e Ministério da Defesa (MD, 2012).

Fora do âmbito das Forças Armadas, verifica-se que existe na Universidade Federal do Rio de Janeiro um curso de graduação em defesa e gestão estratégica internacional (UFRJ, 2012). Verifica-se, ainda, uma importante iniciativa na Universidade Federal de Juiz de Fora, em especial no Centro de Pesquisas Estratégicas Paulino Soares de Sousa (UFJF, 2012). Finalmente, consta-se um Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Estudos Estratégicos da Defesa e Segurança (PPGEST), da Universidade Federal Fluminense (UFF, 2012).

Assim, a pesquisa se justifica pela importância de um aprofundamento dos estudos no setor de defesa, de forma a que se possa ampliar o entendimento dos gestores, em particular dos que lidam com a complexa tarefa de gestão da ciência, tecnologia e inovação nesse setor.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral da presente tese é enunciado com se segue: “definir uma metodologia de análise prospectiva que seja adequada para a efetiva gestão da CT&I no setor de defesa, pelo Estado brasileiro”.

1.2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos da presente tese são:

- definir uma metodologia de análise prospectiva para o setor de defesa brasileiro;
- aplicar um projeto-piloto da metodologia definida, em uma amostra reduzida;
- ajustar a metodologia com base nos resultados observados no projeto-piloto;
- aplicar a metodologia definida em um universo mais amplo;
- levantar os cenários do setor de defesa no Brasil para 2030; e
- realizar análises diversas dos cenários do setor de defesa no Brasil.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, são apresentados os conceitos, as definições e os fundamentos teóricos que alicerçam as discussões conduzidas nos capítulos subsequentes. A pesquisa se apoiou principalmente em três grupos de conhecimentos, ou disciplinas: inovação; estudos do futuro; e política de C&T.

2.1 Inovação

A inovação é uma disciplina nova e ainda está consolidando seu arcabouço teórico. Nesta seção, serão considerados quatro linhas teóricas principais que embasam a gestão da inovação: a corrente neo-schumpeteriana; a teoria evolucionária; os sistemas de inovação; e a gestão da inovação.

2.1.1 Corrente Neo-Schumpeteriana

Atualmente, as organizações vêm se deparando com um grave problema: a velocidade da evolução tecnológica. O economista austríaco Joseph Alois Schumpeter (1883-1950) já alertava, no início do século XX, que as inovações podem surgir de novas e ousadas empresas que surpreendem as firmas antigas e bem estabelecidas no mercado (SCHUMPETER, 1988). De fato, a literatura registra uma profusão de exemplos de organizações que desapareceram por terem sido surpreendidas por mudanças tecnológicas no cenário mundial (UTTERBACK, 1996). Para fazer face a essa evolução e evitar a obsolescência, as organizações necessitam do apoio de algumas ferramentas de gestão da inovação, como, por exemplo, a Análise Prospectiva, que será vista mais adiante.

O primeiro termo cujo entendimento deve ser devidamente esclarecido é “inovação”. Atribui-se a Schumpeter a elaboração do conceito de inovação tal qual é

entendido atualmente. Em 1911, em seu livro “Teoria do Desenvolvimento Econômico”, Schumpeter teorizou que a inovação seria o motor da economia.

Duas pesquisas empíricas realizadas posteriormente vieram a comprovar a teoria de Schumpeter. A primeira, realizada somente nos anos 1950, pelo economista Moses Abramovitz (1956). Esse pesquisador examinou dois períodos diferentes da história dos Estados Unidos da América e mediu o Produto Interno Bruto (PIB) em cada período, procurando identificar quanto do crescimento do PIB se devia aos fatores terra, capital e trabalho. Surpreendentemente, ele verificou que apenas 15% do crescimento do PIB daquele país poderia ser atribuído aos tradicionais fatores terra, capital e trabalho. Essa impressionante constatação levou os economistas a procurar pelo “quarto fator” que poderia estar causando o aumento do PIB americano. Concluíram, então, que a inovação tecnológica seria o principal fator responsável por 85% do crescimento da economia, comprovando assim a teoria de Schumpeter. Fica claro, portanto, que inovação é um conceito eminentemente econômico (ABRAMOVITZ, 1956; MOWERY, 2005).

Outro economista que procurou estudar o fenômeno do crescimento do PIB foi Robert Solow. Em 1957, Solow publicou um artigo intitulado “Mudança Tecnológica e a Função da Produção Agregada”, no qual demonstrou que metade do crescimento do PIB não poderia ser explicada pelos fatores terra, capital e trabalho. Essa diferença ficou conhecida como “Resíduo de Solow” e foi atribuída ao fator inovação tecnológica, comprovando mais uma vez a teoria de Schumpeter (SOLOW, 1957).

É fundamental definir o que é inovação. Schumpeter não deu uma definição clara do que seria inovação. Pode-se depreender, contudo, que, para Schumpeter, a inovação era a “realizaçao de novas combinações” de materiais e forças, isto é, de meios produtivos (SCHUMPETER, 1988, p.48). Ele identificou cinco casos de inovação:

1) introdução de um novo produto;
2) introdução de um novo processo de produção;

3) abertura de um novo mercado;
4) conquista de uma nova fonte de suprimentos; e
5) estabelecimento de uma nova forma de organização.

Neste trabalho, adota-se a definição de inovação da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), conforme se encontra no Manual de Oslo, terceira edição, a saber:

> Inovações de produto ou processo compreendem a implementação de produtos e processos tecnologicamente novos, bem como melhorias significativas em produtos e processos. Uma inovação de produto ou processo foi implementada se foi introduzida no mercado (inovação de produto) ou usada dentro de um processo de produção (inovação de processo) (OCDE, 1997).

Dessa forma, é importante deixar claro a diferenciação entre a mera invenção, que é a implementação de uma nova ideia, da inovação, que é a implementação e exploração bem sucedida de uma nova ideia.

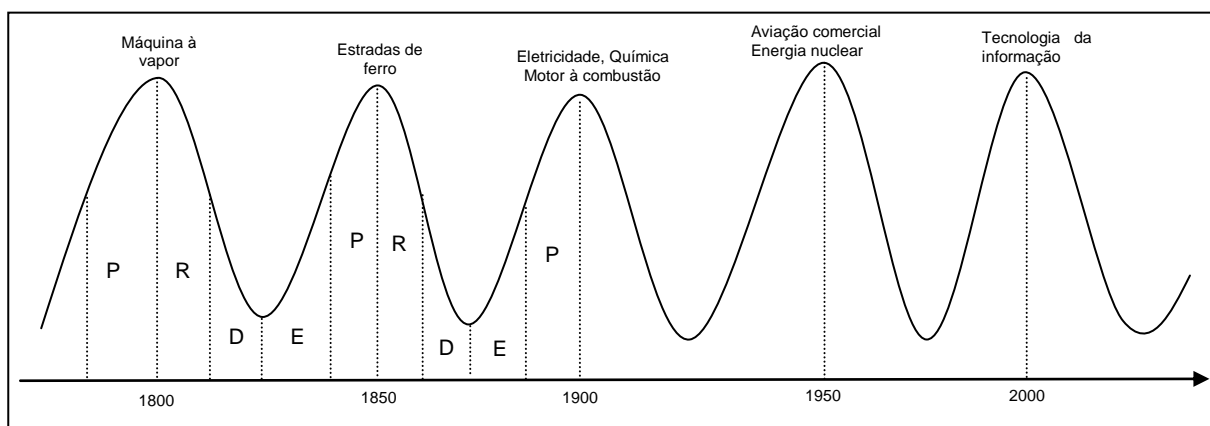
Intimamente ligados ao conceito de inovação estão os conceitos de pequisa básica, pesquisa aplicada e desenvolvimento experimental, os quais devem ser precisamente definidos. Nesta tese, considera-se as definições constantes do Manual Frascati, edição 2002, transcritas a seguir:

> A investigação [pesquisa] básica consiste em trabalhos experimentais ou teóricos iniciados principalmente para obter novos conhecimentos sobre os fundamentos dos fenómenos (sic) e factos (sic) observáveis, sem ter em vista qualquer aplicação ou utilização particular. A investigação [pesquisa] aplicada consiste também em trabalhos originais realizados para adquirir novos conhecimentos; no entanto, está dirigida fundamentalmente para um objectivo (sic) prático específico. O desenvolvimento experimental consiste em trabalhos sistemáticos baseados nos conhecimentos existentes obtidos pela investigação [pesquisa] e/ou pela experiência prática, e dirige-se à produção de novos materiais, produtos ou dispositivos, à instalação de novos processos, sistemas e serviços, ou à melhoria substancial dos já existentes. (FRASCATI, 2007)

Para Schumpeter, algumas organizações se esforçam deliberadamente para liderar as inovações tecnológicas, enquanto outras tentam acompanhar o sucesso das líderes por meio da imitação, processo que ele denominou “concorrência dinâmica” (NELSON & WINTER, 2005). Nesse processo de concorrência dinâmica, ou concorrência schumpeteriana, haverá ganhadores e perdedores, num eterno e contínuo desequilíbrio, ou dito de outra forma, em um equilíbrio dinâmico (em oposição ao equilíbrio estático da teoria econômica ortodoxa). Ora, tanto as organizações que adotam a estratégia de acompanhar os líderes inovadores por meio da imitação, quanto – e principalmente – as que adotam a estratégia da liderança na inovação, terão na análise prospectiva uma importante ferramenta de auxílio ao planejamento estratégico. Aquelas que forem mais eficientes em antecipar as futuras inovações terão mais chance de sucesso ao inovar ou imitar.

Schumpeter afirma que o melhor desempenho em termos de inovação ocorre em setores oligopolizados. A chamada “hipótese schumpeteriana” decorre de um raciocínio em que a inovação tecnológica dependeria de fortes investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D), o que obteria os melhores resultados em um ambiente de muitos recursos concentrados em poucas organizações. Isso nos leva ao cerne do problema da P&D: quais tecnologias seriam mais indicadas para serem pesquisadas. Nesse ponto, emerge a questão da análise prospectiva, como um processo por meio do qual podem ser antecipadas as tecnologias que farão a diferença no futuro, isto é, as mais vantajosas para investimento em P&D (SCHUMPETER, 1950).

Schumpeter também alertou para o seguinte fenômeno: “as novas combinações (inovações), via de regra, estão corporificadas, por assim dizer, em empresas novas que geralmente não surgem das antigas” (SCHUMPETER,1988, p.49). Ora, a análise prospectiva fornece um meio para as organizações evitarem a surpresa tecnológica, isto é, serem surpreendidas com o surgimento de novos competidores. Ou, se isso não for possível, a análise prospectiva permite, pelo menos, antecipar o surgimento desses novos concorrentes ainda no início, de forma a permitir uma reação em tempo oportuno.

Schumpeter afirmou, ainda, que a economia passa por ciclos de aproximadamente 65 anos, o que foi denominado de “ondas longas” (SCHUMPETER, 1939). Essa teoria foi inicialmente levantada pelo economista russo Nikolai Kondratiev, que tentou provar estatisticamente que a economia passa por ciclos de aproximadamente 50 anos. Partindo de dados empíricos, Kondratiev construiu curvas teóricas que mostravam tendências seculares de quebra do equilíbrio econômico. Tais ciclos ficaram conhecidos como “Ondas Longas de Kondratiev”, confome mostrado na Figura 1 (KONDRATIEV, 1992).

Legenda: P=prosperidade; R=recessão; D=depressão; E=recuperação
Figura 1: ondas longas de Kondratiev
Fonte: KONDRATIEV, 1992

Schumpeter foi um dos maiores divulgadores da teoria das ondas longas de Kondratiev, mas acrescentou que a quebra do equilíbrio econômico, responsável pelos ciclos, seria causada pelo surgimento de inovações (SCHUMPETER, 1939). Ora, se é verdade que a economia passa por ciclos de aproximadamente 50 a 65 anos, então talvez seja possível empregar alguma metodologia de análise prospectiva para tentar prever a ocorrência de ciclos futuros. Finalmente, Schumpeter defendeu que o modelo de desenvolvimento econômico induzido pela inovação seria um processo evolucionário (SCHUMPETER, 1939). A partir dessa afirmação, Richard Nelson e Sidney Winter elaboraram um modelo para o desenvolvimento econômico schumpeteriano que foi por eles denominado “Teoria Evolucionária da Mudança Econômica” (NELSON & WINTER, 2005), que será vista a seguir.

2.1.2 Teoria Evolucionária

É bastante conhecido o famoso aforismo do general prussiano Carl Von Clausewitz: “a guerra é a continuação da política por outros meios”. Sob a ótica da teoria evolucionária, pode-se afirmar que a evolução tecnológica é a continuação da evolução biológica por outros meios. Assim, cabe aqui esclarecer alguns dos conceitos-chave da teoria evolucionária de Nelson e Winter.

A teoria evolucionária é uma bem sucedida tentativa de modelar a concorrência schumpeteriana. A teoria evolucionária tomou algumas ideias emprestadas da biologia para construir um modelo de concorrência entre firmas. Entre as ideias inspiradas na biologia estão a “seleção natural” econômica e a “genética organizacional” (NELSON & WINTER, 2005, p. 26). Tal genética organizacional seriam “os processos pelos quais as características organizacionais, incluindo as subjacentes à habilidade de gerar produtos e auferir lucros, são transmitidas ao longo do tempo” (NELSON & WINTER, 2005, p.26)

A teoria evolucionária é lamarkiana[1], isto é, contempla tanto a “herança” de características adquiridas como o eventual aparecimento de variações sob o estímulo da adversidade (NELSON & WINTER, 2005, p.28).

O primeiro conceito-chave da teoria evolucionária é a rotina, que é definido como “Padrões comportamentais regulares e previsíveis das organizações” (NELSON & WINTER, 2005, p. 32). Como exemplos de rotinas pode-se citar: rotinas técnicas de produção, procedimentos para gestão de pessoal, encomendas de novos estoques, políticas relativas ao investimento, política de P&D, etc. Na teoria evolucionária, as rotinas são equivalentes aos genes da biologia. Nelson e Winter (2005) identificaram três categorias de rotinas, a saber:

1) rotinas operacionais: governam o comportamento da organização em curto prazo, dados os fatores de produção que não podem ser alterados de forma

imediata. São as rotinas típicas da produção diária, da manutenção periódica de máquinas e equipamentos, enfim, aquelas rotinas do dia-a-dia da organização;

2) rotinas de investimento: determinam o aumento ou diminuição do estoque de capital da organização. Por exemplo, a decisão de iniciar um projeto de P&D de uma nova tecnologia, ou a decisão de adquirir novos equipamentos e maquinário, ou ainda a decisão de contruir uma nova fábrica. A análise prospectiva, ao antecipar o estado-da-arte das possíveis tecnologias, pode apoiar a tomada de decisão, favorecendo as rotinas de investimento; e

3) rotinas de decisão estratégica: funcionam para modificar vários aspectos das características operacionais da organização ao longo do tempo. As organizações grandes e complexas possuem, normalmente, departamentos de análise de mercado, divisões de pesquisa operacional e laboratórios de P&D. A própria atividade de análise prospectiva, se conduzida pela organização, estaria incluída nessa classe de rotinas de decisão estratégica. Ao mesmo tempo, a análise prospectiva, ao elaborar cenários de longo prazo, também favorece fortemente as rotinas de decisão estratégica.

A teoria evolucionária trata da imitação como uma forma válida de modificar rotinas. Ela apresenta a engenharia reversa como uma das maneiras de obter o conhecimento necessário para realizar a imitação. Nelson & Winter (2005) afirmam também que "até rumores vagos sobre a natureza do produto podem ser suficientes, permitindo talvez que a cópia chegue ao mercado tão cedo quanto o original". Além disso, a teoria evolucionária defende que o conhecimento da organização reside principalmente em suas rotinas. Nelson & Winter afirmam que:

> As informações sobre as atividades e os métodos de outras firmas podem ser obtidas de várias maneiras – comprando e estudando seus produtos; contratando seus empregados tecnicamente especializados; lendo relatórios de suas atividades em jornais especializados, relatórios de analistas financeiros e documentos requeridos por agências governamentais; contratando consultores que também trabalham com outras firmas do ramo industrial; lendo cópias de suas patentes ou publicações de seus cientistas pesquisadores; pela compra aberta ou troca; por esquemas fechados de espionagem industrial (NELSON & WINTER, 2005).

Nesse aspecto, uma pesquisa realizada na Universidade de Yale por Richard Nelson e outros, em meados da década de 1980, junto a empresas que conduzem P&D, sobre as formas mais efetivas de obtenção de conhecimento apontaram as seguintes: P&D independente; engenharia reversa; engenharia social; contratações; estudo de patentes; estudo de publicações diversas; e encontros técnicos (NELSON, 2006).

Outro conceito-chave da Teoria Evolucionária é a busca. Trata-se de um processo sistemático e contínuo, similar a um processo de “tentativa-e-erro”, por meio do qual a organização modifica suas rotinas, de forma a enfrentar as alterações no ambiente. Assim, o conceito de busca da é equivalente à mutação genética na toeria evolucionária biológica (NELSON & WINTER, 2005, p.38). A busca possui três características:

1) irreversibilidade: uma vez que a busca envolve a aquisição de informações, trata-se de um processo intrinsecamente irreversível. Tal irreversibilidade se explica pelo fato de que a informação adquirida passa a fazer parte da organização;

2) incerteza: ao analisar diversos cenários, o decisor poderá escolher alternativas que conduzam a organização a um cenário desejado, mas não é possível ter certeza sobre os resultados que serão alcançados, a priori. Ou seja, a busca é feita sob incerteza knightiana, quando os resultados só podem ser verificados a posteriori (KNIGHT, 1964); nesse aspecto, a análise prospectiva favorece a busca, pois visa reduzir a incerteza sobre o futuro; e

3) contingência: processos de busca ocorrem em contextos específicos, e seus resultados dependem desses contextos. Conseqüentemente, as atividades de busca são diretamente influenciadas pelo fluxo da história, e a busca no tempo t não é a mesma no tempo T > t. Aqui também se verifica que a atividade de análise prospectiva pode favorecer a busca, uma vez que procura apontar a evolução dos acontecimentos.

Por meio desse processo de busca e seleção, as firmas evoluem, em um típico “processo de Markov”, no qual a situação das firmas em um momento futuro dependem de seu estado no momento presente (Nelson e Winter, 2005, p.40).

2.1.3 Sistemas de Inovação

Faz-se necessário apresentar o conceito de sistema setorial de inovação. Neste trabalho, considera-se que há, formalmente, uma teoria dos sistemas de inovação, cujo desenvolvimento foi influenciado por diferentes teorias da inovação, tais como as teorias do aprendizado interativo (LUNDVALL, 1992) e as teorias evolucionárias da mudança econômica (NELSON & WINTER, 2005). LUNDVALL (1992) tentou relacionar a abordagem de sistema de inovação nacional com a teoria da inovação. Esse autor discute os processos de aprendizagem e interação usuário-produtor. A abordagem de sistemas de inovação é compatível com a noção de que processos de inovação são, em grande parte, caracterizados por aprendizagem interativa.

O conceito de "sistema de inovação" foi introduzido por LUNDVALL (1992), mas a idéia remonta ao conceito de "sistema nacional de economia política", elaborado pelo economista Friedrich List, em 1841 (LIST, 1983). Christopher Freeman cunhou a expressão "Sistema Nacional de Inovação" em seu estudo sobre a economia japonesa (FREEMAN, 1987). De acordo com a teoria de sistemas de inovação, o desenvolvimento tecnológico e a inovação são resultados de um complexo relacionamento entre atores em um sistema, que inclui empresas, universidades, organizações governamentais e não-governamentais e institutos de pesquisa, dentre outros componentes. A seguir, são apresentadas diferentes definições para Sistema Nacional de Inovação:

1) "…Rede de Instituições dos setores público e privado, cujas atividades e interações iniciam, importam, modificam e difundem novas tecnologias" (FREEMAN, 1987, p. 53).

2) "Os elementos e os relacionamentos que interagem na produção, na difusão e no uso do novo, e o conhecimento economicamente útil (…) e são encontrados dentro ou enraizados dentro dos limites de uma nação" (LUNDVALL, 1992, p. 12)

3) “(...) é o conjunto das instituições cujas interações determinam o desempenho inovativo de empresas nacionais” (NELSON, 1993, p. 4).

4) “(...) O sistema nacional de inovação é constituído pelas instituições e pelas estruturas econômicas que afetam a taxa e o sentido da mudança tecnológica na sociedade.” (EDQUIST e LUNDVALL, 1993, p. 94).

5) “(...) Um sistema nacional de inovação é o sistema de interação de empresas privadas e públicas (grande ou pequena), de universidades e de agências governamentais que visam a produção de ciência e de tecnologia dentro dos limites nacionais. A interação entre estas unidades pode ser técnica, comercial, legal, social, e financeira, visto que o objetivo da interação é o desenvolvimento, a proteção, o financiamento ou a regulação da ciência e de novas tecnologias” (NIOSI et al, 1993, p.102).

6) “(...) As instituições nacionais, suas estruturas de incentivo e suas competências, que determinam a taxa e o sentido da aprendizagem tecnológica (ou o volume e a composição da mudança que geram atividades) em um país ” (PATEL e PAVITT, 1994, p. 75).

7) “(...) Esse jogo das instituições distintas que contribui comum e individualmente ao desenvolvimento e à difusão de tecnologias novas e que fornece a estrutura dentro de que os governos dão forma e executam a políticas para influenciar o processo de inovação. Porque tal ele é um sistema das instituições interconectadas a criar, para armazenar e transferir o conhecimento, as habilidades e os produtos manufaturados que definem tecnologias novas” (METCALFE, 1995, p. 23).

Além de Sistemas Nacionais, os sistemas de inovação possuem outras categorias, a saber: sistemas regionais; sistemas locais; sistemas tecnológicos; e sistemas setoriais. Neste trabalho, interessa particularmente a última categoria, uma vez que será estudado o sistema de inovação do setor de defesa. De acordo com FRANCO MALERBA (1999) um sistema setorial de inovação é um conjunto de produtos novos e estabelecidos, para usos específicos, e um conjunto de agentes (atores) desempenhando interações de mercado e não-mercado para a criação, produção e venda daqueles produtos. Assim, MALERBA (2002) afirma que um

sistema setorial de inovação é formado por três elementos básicos: conhecimento e tecnologia; atores e redes; e instituições. Um setor pode ser caracterizado por sua base de conhecimentos e tecnologias. Este conjunto de conhecimentos e tecnologias não é estático, e pode mudar com o tempo, mas de certa forma delimita o setor.

Um setor também é composto por variados e heterogêneos agentes, que são organizações e indivíduos. Eles interagem por meio de processos de comunicação, troca, cooperação, competição e comando. Em um sistema setorial, agentes são interligados de várias formas por meio de relações de mercado e de não-mercado, constituindo redes de relacionamento.

Finalmente, as ações e interações dos agentes, em um setor, são conformadas pelas instituições, por meio de normas, rotinas, hábitos comuns, práticas estabelecidas, regras, leis, padrões, dentre outros aspectos. Essas instituições podem ser do tipo que impõem limites ou obrigações aos agentes, ou formadas por interações entre agentes (a exemplo dos contratos).

Entre os exemplos típicos de sistema setorial de inovação, podem ser citados o setor automoblístico e o setor têxtil, nos quais se encontram um conjunto de empresas inseridas no processo produtivo, incluindo aí a P&D de bens e serviços de um setor, buscando novas tecnologias para a geração e utilização de conhecimentos que vão beneficiar o próprio setor (SBICCA e PELAEZ, 2006).

Dessa forma, verifica-se que o setor de Defesa, além do setor automobilístico e têxtil, é outro exemplo que reúne essas características econômicas, embora deva-se ressaltar que o setor de Defesa nem sempre tem como prioridade o aspecto econômico, que muitas das vezes é preterido pelo aspecto político (GALVÃO-NETTO, 2011). Assim, o conceito de sistema setorial de inovação parece ser o mais adequado para entender as peculiaridades da Defesa. Cabe ressaltar que, embora o conceito de sistema setorial não considere limites físicos entre países, a presente tese irá delimitar o setor de defesa no âmbito do Brasil.

2.1.4 Gestão da Inovação

A gestão da inovação é uma disciplina nova, que ainda não está totalmente consolidada. No entanto, existem inúmeros estudos em gestão da inovação, bem como diversos livros escritos sobre o assunto (TIDD, 2008; TRÍAS DE BES, 2011; TIGRE, 2006; SOUZA NETO, 2006). Da análise dessa bibliografia, pode-se depreender que se trata da gestão dos processos que conduzem à inovação, isto é, o produto final lançado e aceito pelo usuário, seja este usuário o mercado ou uma entidade de "não-mercado", tal como o governo.

Um dos modelos mais aceitos para o entendimento do processo de inovação é o modelo Utterback-Abernathy (UTTERBACK, 1996; UTTERBACK, 1975) . Esses autores afirmam que o processo de inovação possui três fases bem distintas: a fases fluida, a fase de transição e a fase específica. Na fase fluida, um determinado produto é lançado no mercado, o que se configura normalmente uma inovação radical. Nessa fase, o processo (e aqui está-se referindo ao processo industrial de produção, não ao processo de inovação) ainda é incipiente. O produto sofre inovações incrementais até que atinge um pico, ou maturidade, o que eles denominaram "design dominante". Simultaneamente, o processo de produção também vai sofrendo melhorias incrementais. Nessa fase, a taxa de inovações é muito maior para o produto do que para o processo de produção.

A fase de transição, o produto já se estabilizou, e sua taxa de inovação incremental se reduz. O processo de produção vai sofrendo inovações incrementais em uma taxa cada vez maior, até que atinge o pico da curva, a sua maturidade, o que pode ser chamado de "processo dominante".

Na fase específica, tanto produto quanto processo de produção estão maduros e suas respectivas taxas de inovação diminuem cada vez mais, até que ambas se mantêm estáveis. A Figura 2 apresenta o modelo Utterback-Abernathy.

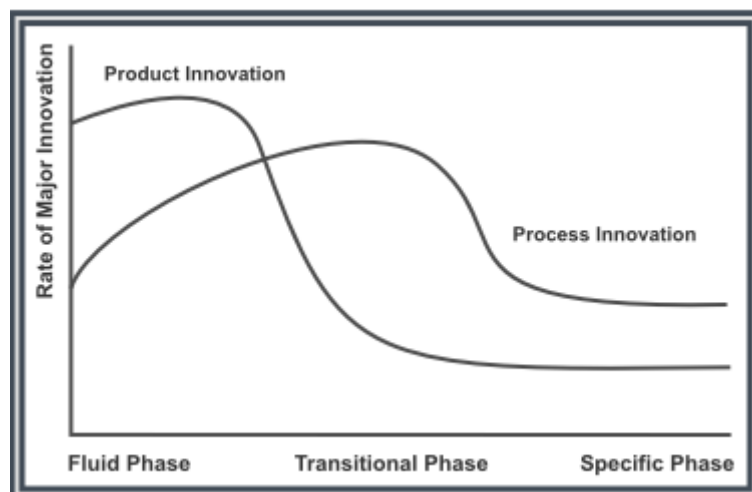



Figura 2: modelo Utterback-Abernathy
Fonte: UTTERBACK, 1996

Ainda segundo esses autores, a inovação tecnológica segue um ciclo de vida que se assemelha a uma curva em formato de S. Uma determnada tecnologia que surge possui uma infância, na qual o seu desempenho ainda não é satisfatório. À medida que as pesquisas avançam e as inovações incrementais são implementadas, a tecnologia atingea maturidade em termos de desempenho. Simultaneamente, outras tecnologias surgem e iniciam seu respectivo ciclo de vida, até que ultrapasam a tecnologia anterior em termos de desempenho. A Figura 3 mostra o ciclo de vida das inovações tecnológicas.

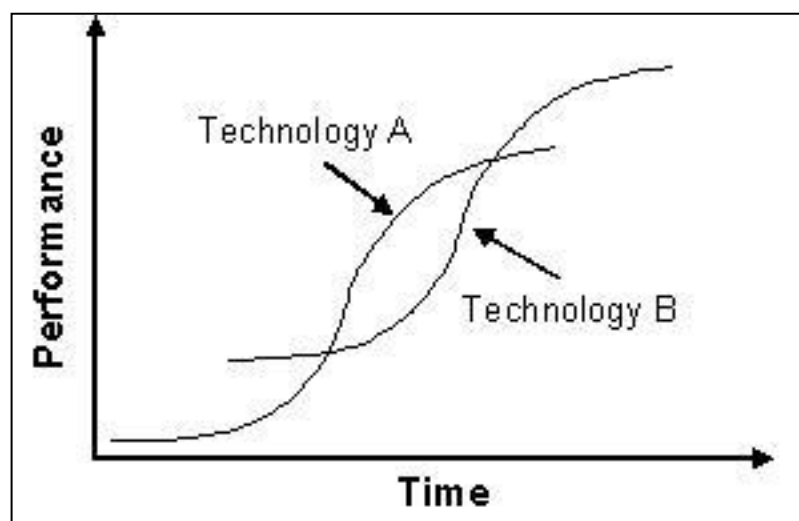



Figura 3: ciclo de vida da inovação tecnológica
Fonte: UTTERBACK, 1996

Segundo TIDD (2008), a gestão da inovação compreende uma gama de rotinas que possibilitam obter sucesso ao inovar, por exemplo:

- levantamento e processamento de oportunidades;
- seleção de projetos;
- monitoramento e gestão dos projetos;
- preparação para o lançamento; e
- abosorção de aprendizado organizacional.

Ainda segundo esse mesmo autor, o processo de inovação tem início com o levantamento de vários "indícios de oportunidades" (TIDD, 2008, p.369). Essas oportunidades podem ser: novas tecnologias, mercados, comportamento competitivo, mudanças na política ou no ambiente regulador, novas tendências sociais, etc. A pesquisa aponta, de forma consistente, que as organizações mais bem sucedidas em inovar são as que adotam um comportamento ativo na busca de informações, frequentemente estabelecendo redes de relacionamentos com forneceores, universidades, instituições de pesquisa, usuários, associações de comércio, etc (CARTER & WILLIAMS, 1957; ROTHWELL, 1992). Outro aspecto fundamental para o sucesso da inovação é a permanente e contínua interação com os potenciais usuários, inclusive com o envolvimento de usuários na esquipe de projeto (TREACY & WIERSEMA, 1995). De uma forma genérica, esses processos que conduzem à inovação possuem as seguintes fases (TIDD, 2008): busca, seleção, implementação e aprendizado, esta última fase perpassando todas as demais, conforme mostra a Figura 4.

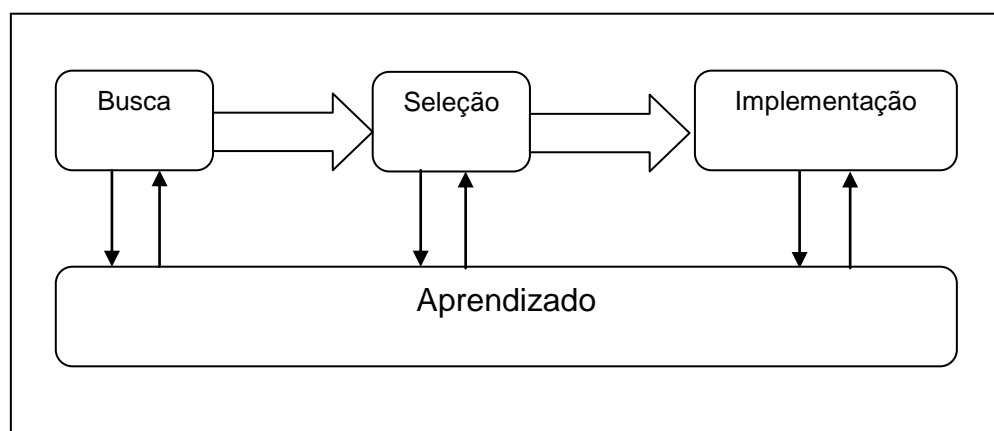



Figura 4: fases do processo de gestão da inovação
Fonte: TIDD, 2008

A fase de busca envolve o monitoramento do ambiente onde se insere a organização, a fim de detectar as oportunidades ou ameaças com a devida oportunidade. Essa fase envolveria também a busca por cenários futuros, ou seja, é a fase onde se realiza a análise prospectiva (TIDD, 2008; TRÍAS DE BES, 2011). A fase seguinte, de seleção, envolve a tomada de decisão sobre que oportunidades visualizadas na fase anterior devem ser aproveitadas. Por exemplo, decisões sobre quais projetos de P&D devem ser iniciados, ou que projetos já iniciados devem ser abandonados. Nesta fase, cresce de importância o papel da análise prospectiva realizada na fase anterior: ao visualizar possíveis cenários futuros, o decisor poderá optar com base em elementos mais objetivos (TIDD, 2008). A fase de implementação trata da transformação das idéias geradas nas fases anteriores em produtos, e o lançamento desses produtos no mercado (TRÍAS DE BES, 2011). Ao longo de todo o processo, ocorre o aprendizado organizacional, entendido como a assimilação de conhecimentos pela organização, por meio de suas rotinas (TIDD, 2008).

Dentro do processo de gestão da inovação, ressalta-se um subprocesso crítico, que é o da P&D da inovação. Uma vez definido o produto que se pretende desenvolver, o ciclo de vida da inovação deve envolver, no mínimo, as seguintes fases (TIDD, 2008): prospecção, concepção; protótipo conceitual; protótipo final; lote-piloto; e lançamento e sustentação da inovação. Entre cada fase deve haver “portas” de decisão, nas quais deve ser avaliada a conveniência de prosseguir ou não com o projeto. A Figura 5 ilustra as fases do desenvolvimento da inovação.

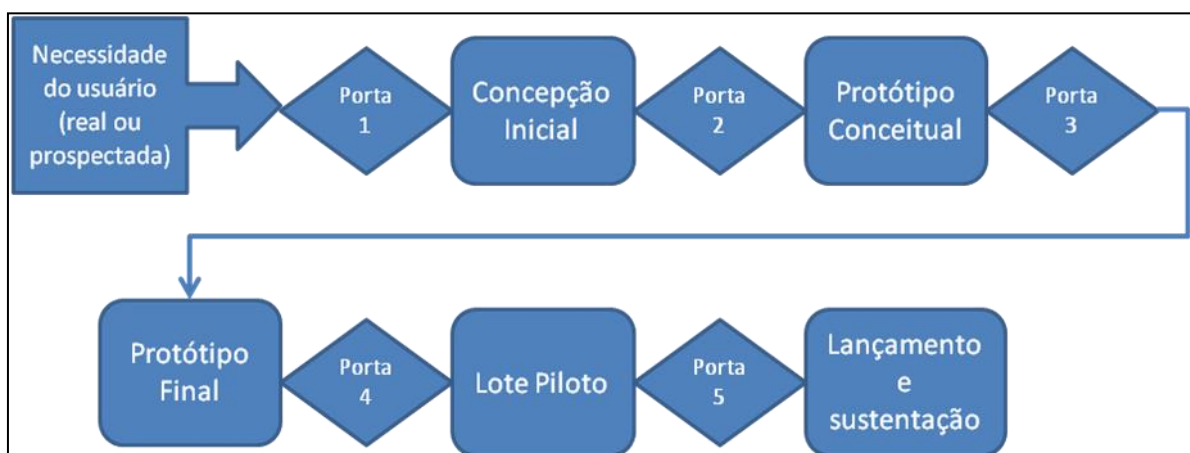



Figura 5: fases do desenvolvimento da inovação
Fonte: Tidd, 2008, adaptado pelo autor

2.2 Estudos do Futuro

Nesta seção será apresentada a teoria sobre os estudos do futuro. Inicialmente, é apresentada uma discussão sobre a base filosófica dos estudos do futuro. Em seguida, é apresentada a teoria sobre análise prospectiva em geral e seus métodos em particular.

2.2.1 Discussão Filosófica sobre os Estudos do Futuro

Muitos filósofos já discutiram a questão da antecipação, antevisão, ou previsão do futuro. Pode-se sintetizar a grande questão filosófica sobre estudos do futuro da seguinte forma: é realmente possível prever o futuro?

Procurando as fontes disponíveis, verifica-se que alguns autores encontram-se no grupo dos que não acham possível prever o futuro, enquanto outros apresentam argumentos que levam a crer que seria possível, sim, realizar previsões sobre o futuro.

O filósofo medieval Agostinho de Hipona (354-430), também conhecido como Santo Agostinho, abordou o chamado “problema do tempo”. Agostinho considerava impossível a previsão do futuro. Segundo Agostinho:

> (..) nós premeditamos nossas ações futuras e que tal premeditação é presente, mas o ato que premeditamos ainda não existe, porque é futuro (...) qualquer que seja a natureza dessa misteriosa previsão do futuro, não podem ver senão o que existe, mas o que existe não é futuro e sim presente" (AGOSTINHO, 2002,p. 15).

Agostinho entendia que o futuro simplesmente não existe, e que, portanto, não poderia ser “visto” antecipadamente, conforme se depreende claramente da afirmação a seguir:

> Vejo a aurora e posso predizer que o sol está para surgir. O fenômeno que observo (a aurora) está presente, o que não vejo é futuro. Não é futuro o sol, que já existe, mas sim seu surgimento que ainda não se realizou; todavia, se eu não tivesse no espírito um imagem desse surgimento [...] não o poderia prever. No entanto, nem essa aurora que vejo, nem a imagem dela são o próprio nascimento do sol: são os dois fatos presentes que vejo e que me servem para predizer um acontecimento futuro. Portanto, o futuro não existe, de maneira nenhuma pode ser visto (AGOSTINHO, 2002, p.22).

Para David Hume (1711-1776), não é possível basear-se em acontecimentos passados para prever o futuro. Hume afirmou que “não é, portanto, a razão o guia da vida, mas o hábito que por si só determina em todos os caso a mente a supor o futuro conforme ao passado” (HUME, 2001, p.84). Essa afirmação levou a uma discussão que ficou conhecida como o “Problema da Indução de Hume”. O problema da indução de Hume é tradicionalmente exemplificado com o caso dos cisnes brancos. Pode-se verificar a existência de mil cisnes brancos, mas, segundo Hume, isso não seria suficiente para concluir-se, por indução, que todos os cisnes são brancos. De fato, a existência de um único cisne negro torna falsa a afirmativa “todos os cisnes são brancos”. A partir dessa afirmação, Hume concluiu que não é possível antecipar-se sobre acontecimentos futuros baseado na observação de fatos passados.

Para Reinhart Koselleck (1923-2006) existe uma relação entre passado e futuro, constituindo o que ele denominou “tempo histórico”. Koselleck definiu os conceitos de “experiência” e “expectativa”. Experiência seria a forma como cada geração lidou com o seu passado e expectativa seria a forma como cada geração lidaria com seu futuro, construindo o que ele denominou “horizonte de expectativa”. Koselleck afirma que nos tempos atuais, chamados por ele de “modernidade”, experiência e expectativa estão cada vez mais dissociadas: “só se pode conceber a modernidade como um tempo novo a partir do momento em que as expectativas passam a distanciar-se cada vez mais das experiências feitas até então” (KOSELLECK, 2006, p.121). Sendo assim, pode-se inferir que, para Koselleck, a previsão do futuro é cada vez mais improvável, devido a esse progressivo distanciamento entre “experiência” (passado) e “expectativa” (futuro).

Alguns filósofos, notadamente Immanuel Kant (1724-1804) e Friedrich Hegel (1770-1831), ao contribuir para o campo da filosofia conhecido como Filosofia da História, acabaram por desenvolver interessantes argumentos a respeito do passado, presente e futuro.

Immanuel Kant afirmava que a história seria determinística, e que haveria um "fio condutor" da natureza que ligaria passado, presente e futuro, conforme se verifica na citação transcrita a seguir:

> Como o filósofo não pode pressupor nos homens e seus jogos, tomados em seu conjunto, nenhum propósito racional próprio, ele não tem outra saída senão tentar descobrir, neste curso absurdo das coisas humanas, um propósito da natureza que possibilite todavia uma história segundo um determinado plano da natureza para criaturas que procedem sem um plano próprio. Nós queremos ver se conseguimos encontrar um fio condutor para tal história e deixar ao encargo da natureza gerar o homem que esteja em condição de escrevê-la segundo este fio condutor (KANT, 1985, p.95)

Kant acreditava que haveria mecanismos que moveriam a história e levariam a um futuro previamente determinado, conforme se observa a seguir:

> (..) se prescindirmos deste princípio [de que todas as disposições naturais de uma criatura estão destinadas a um dia se desenvolver completamente e conforme um fim], não teremos uma natureza regulada por leis, e sim um jogo sem finalidade da natureza e uma indeterminação desconsoladora toma o lugar do fio condutor da razão" (KANT, 1985, p. 97)

Se, para Kant, haveria um mecanismo que conduziria a história humana, ao compreender esse mecanismo seria possível antever o destino para onde a história estaria se encaminhando. Em outras palavras, seria possível prever o futuro. No entanto, ele afirma que a história possui um "ciclo", mas que tal ciclo seria tão longo que a experiência humana não seria suficiente para desvendar esse mecanismo de condução da história:

O problema está em saber se a experiência revela algo de um tal curso do propósito da natureza. Digo que muito pouco, pois este ciclo parece exigir tanto tempo para cumprir-se que, deste ponto de vista, a pequena parte que a humanidade percorreu permite determinar somente de maneira muito incerta a forma de sua trajetória e a relação das partes com o todo, e o mesmo ocorre se quisermos determinar, a partir das observações do céu feitas até aqui, o curso do nosso sol junto com todo o cortejo de seus satélites no sistema de estrelas fixas – e entretanto o princípio geral da constituição sistemática da estrutura do mundo e o pouco que se observou bastam para concluir com segurança a respeito da realidade de um tal ciclo" (KANT, 1985, p.105)

A afirmação de Kant de que o futuro pode ser previsto, pois a história possui um "fio condutor", fica mais clara na seguinte citação:

[...] Descobre-se assim, creio, um fio condutor que pode servir não apenas para o esclarecimento do tão confuso jogo das coisas humanas ou para a arte de predição política das futuras mudanças estatais [...] mas que abre também [...] uma perspectiva consoladora para o futuro" (KANT, 1985, p.110)

Diferentemente de Kant, Hegel acredita que a história é construída essencialmente de maneira racional. Portanto o futuro seria construído pelo homem, de forma racional e deliberada. Segundo Hegel, o homem seria o agente que constrói a história, e, portanto, constrói o futuro. O homem buscaria satisfazer seus anseios pessoais, mas nessa busca acabaria dando forma à história. Hegel afirma que "a ação imediata [do homem] pode conter algo além do que está na vontade e na consciência do autor" (Hegel, 1995, p. 37) e também que "a razão governa o mundo, e que, portanto, a história universal é também um processo racional" (HEGEL, 1995, p.38). Essa afirmação é reforçada mais uma vez pela seguinte citação de Hegel:

Portanto, o estudo da história universal resultou e deve resultar em que nela tudo aconteceu racionalmente, que ela foi a marcha racional e necessária do espírito universal; espírito cuja natureza é sempre idêntica e que a explicita na existência universal. [...] A história, porém, devemos considerá-la como ela é: devemos proceder de forma histórica, empírica; ademais, não podemos permitir que os

historiadores profissionais nos seduzam, pois estes [...] fazem aquilo de que acusam os filósofos, ou seja, invenções a priori da história" (HEGEL, 1995, p.43)

Se, conforme afirma Hegel, o futuro é construído pela razão humana, pode-se concluir que, uma vez identificadas as forças humanas que estão agindo no presente, seria possível antever seu resultado no futuro, isto é, seria possível prever o futuro de alguma maneira.

Assim, tem-se, de um lado, Santo Agostinho, que afirma categoricamente ser imposível prever o futuro. Da mesma forma, Hume considerava impossível a previsão do futuro, baseado no seu conhecido "problema da indução". Ainda nesse sentido, Koselleck afirma que o distanciamento cada vez maior entre a "experiência" (passado) e "expectativa" (futuro) torna a previsão algo cada vez mais improvável.

De outro lado, tem-se Kant, que afirma que a história possui um "fio condutor", possuindo "ciclos" longos, e que, ao compreendê-los, poder-se-ia prever o futuro. E, na mesma linha, tem-se Hegel, que afirma que a razão humana é que constrói a história, ou seja, o futuro seria previsível na medida em que a ação humana fosse compreendida.

A filosofia, portanto, não nos dá uma resposta definitiva para a pergunta "é possível prever o futuro?". No entanto, ela deixa aberta a possibilidade de que isso seja possível, principalmente pelos trabalhos de Kant e Hegel. Assim, poder-se-ia afirmar que os estudos do futuro visam principalmente servir de guia para o que o homem pretende fazer. Nesse sentido, a análise prospectiva do campo científico-tecnológico seria então uma ferramenta para antecipar o desenvolvimento da ciência e da tecnologia, a fim de orientar a C&T rumo a um futuro desejado. Cabe então discutir se é viável, ou não, orientar a ciência. É o que se pretende fazer nas seções seguintes. Antes, porém, é preciso definir com precisão o que é análise prospectiva e apresentar o referencial teórico sobre o assunto.

2.2.2 Análise Prospectiva

Inicialmente, faz-se necessário diferenciar a previsão (*forecast*, em inglês), da análise prospectiva. A previsão pode ser realizada com base em dados históricos, e normalmente para um futuro próximo, ou curto prazo. Por exemplo, a previsão meteorológica utiliza dados sobre as condições climáticas coletados ao longo do tempo para prever o clima. A análise prospectiva não é a previsão do futuro. Ela trabalha com prazos muito mais longos. Uma vez que os prazos são longos, normalmente chegando a 30 anos ou mais, a análise prospectiva tem muito mais a ver com a construção de um entendimento comum a respeito de possíveis futuros. A análise prospectiva tem a ver, ainda, com a própria construção de um futuro desejável, ou a construção de condições que podem se contrapor a um futuro indesejado. A análise prospectiva é, portanto, um processo de construção social.

Assim, o sentido da palavra prospectiva é o sentido de antevisão, isto é, procurar ver antecipadamente aquilo que poderá acontecer no futuro. Portanto, a análise prospectiva possui claramente o foco no futuro.

É importante também esclarecer a escolha do termo “análise prospectiva” no âmbito do presente estudo. Segundo Aulicino, no Brasil têm-se utilizadoos termos prospectiva, prospecção e cenários com o mesmo sentido de estudos do futuro (AULICINO, 2006). Verificando alguns dicionários da língua portuguesa, encontram-se os seguintes termos:

- prospecção: método e/ou técnica empregada para localizar e calcular o valor econômico das jazidas minerais; prospectar: calcular o valor econômico de (jazida mineral) mediante prospecção; prospectivo: que faz ver adiante, ou ao longe; concernente ao futuro (FERREIRA apud AULICINO, 2006).

- prospecção: do latim *prospectione*, visão sobre o futuro; ação de prospectar; sondagem para descobrir o valor econômico de uma jazida ou de uma região mineira (UNIVERSAL apud AULICINO, 2006).

O termo da língua inglesa *foresight*, segundo o Oxford Dictionary apud AULICINO (2006), significa a habilidade de antever o que acontecerá no futuro.

Alguns autores têm utilizado o termo “prospecção” com o mesmo sentido de *foresight*, a exemplo de GRUMBACH (2010). Isto levou a que se utilizasse “prospecção” logo no início dos trabalhos. No entanto, verificou-se ao longo da pesquisa que o termo “prospecção” está muito associado à busca de informações, sendo com frequência empregado para designar atividades de inteligência, envolvendo a coleta de informações técnicas, o que vem causando alguma confusão. ENRIC BAS (1999) e seus colegas espanhóis usam on termo “prospectiva”. MICHEL GODET (1979) e seus colegas franceses utilizam o termo “prospective”, enquanto que RAFAEL POPPER (2008) e IAN MILES (2005), bem como seus colegas da Universidade de Manchester, utilizam o termo “*foresight*”. Dessa forma, o termo que se julgou mais adequado para designar o conjunto de atividades relacionadas a estudos do futuro, com o mesmo sentido da “prospectiva” espanhola, da “*prospective*” francesa e do “*foresight*” britânico, como pretende a presente tese, é “análise prospectiva”.

Segundo ENRIC BAS (1999), o principal objetivo dos estudos do futuro é encontrar os possíveis desenvolvimentos do futuro e avaliar quão prováveis e desejáveis são esses desenvolvimentos alternativos.

MANERMAA (1995) afirma que os estudos do futuro podem ser categorizados em três tipos: hermenêuticos, técnicos ou emancipatórios. Os estudos hermenêuticos do futuro incluem o futurismo, o utopismo e a ficção científica. Os estudos hermenêuticos do futuro possuem caráter eminentemente qualitativo, não sendo de grande utilidade para organizações públicas ou privadas. É um tipo de estudo mais utilizado por pensadores e futuristas, tais como ALVIN TOFFLER (1980), H. G. WELLS (1895), ARTHUR C. CLARKE (1968), GEORGE ORWELL (1983) e ISAAC ASIMOV (2004).

Os estudos técnicos do futuro abrangem a futurologia, a econometria, a demografia, a meteorologia e a astronomia. Esses estudos são baseados em extrapolação de tendências e uso de modelos matemáticos para realizar previsões (BAS, 1999).

Os estudos do futuro emancipatórios incluem a análise prospectiva, a sociologia prospectiva, o planejamento estratégico e a reengenharia de processos. Esse tipo de estudos do futuro segue a seguinte sequência básica de trabalho: 1) determinar os diversos futuros alternativos; 2) identificar as alternativas desejáveis e não-desejáveis de futuro; e 3) orientar as ações para alcançar ou evitar um determinado futuro (BAS, 1999). Os estudos emancipatórios do futuro buscam determinar os futuros possíveis e conhecer suas probabilidades de ocorrência (GODET, 1979).

A análise prospectiva, um tipo de estudos do futuro de caráter emancipatório, é definida por GASTON BERGER (1967, p.56) como "um meio de enfocar o futuro, imaginando-o a partir das deduções extraídas do presente". Segundo CASSINGENA HARPER (2003, p.45) a análise prospectiva é "um processo que envolve períodos intensos de reflexão aberta, relacionamento em rede, consulta e discussão, levando a um refinamento conjunto das visões de futuro e a apropriação comum de estratégias (...) é a descoberta de um espaço comum para o livre pensar sobre o futuro e a incubação de abordagens estratégicas". Segundo MICHEL GODET (1991, p. 31), análise prospectiva é definida como "um panorama dos futuros possíveis, isto é, dos cenários que não são improváveis, tendo em conta os determinismos do passado e a confrontação dos projetos dos atores. Cada cenário (representação coerente de hipóteses) da análise prospectiva pode ser objeto de uma apreciação numérica, isto é, de uma previsão". IAN MILES (2002) delineou cinco fases gerais do processo de análise prospectiva, a saber: pré-análise; recrutamento; geração; ação; e renovação.

A análise prospectiva obedece a uma visão estruturalista do futuro, isto é, o futuro seria produto das ações humanas. Assim, a análise prospectiva descarta a existência de um único futuro determinístico, e admite a exploração de futuros

alternativos (IÑIGUEZ, 1994). A análise prospectiva admite variáveis quantitativas, mas também integra parâmetros qualitativos e por vezes não-quantificáveis, tais como projetos e comportamento dos atores, o que possibilita uma análise holística do futuro (GODET, 1977). Ao buscar perceber e definir possíveis futuros, a análise prospectiva reduz a margem de erro em seus prognósticos, por considerar a incerteza do futuro (MAKRIDAKIS, 1993). Segundo BAS (1999), a análise prospectiva fornece referências sobre futuros alternativos, mediante a montagem de possíveis cenários, com a definição de probabilidades e impactos de cada cenário.

O método de cenários começou a ser usado em análise prospectiva nos anos 1950, pela Força Aérea dos Estados Unidos da América (MASINI, 1993). A primeira aplicação do método de cenários pelo setor privado foi feita pela General Electric, em fins dos anos 1960 (MILLET & HONTON, 1991). A consolidação do método de cenários como ferramenta de análise prospectiva se deu com a sua adoção pela empresa Shell International e sua inclusão nas rotinas de gestão estratégica, no final dos anos 1970 (BECKER & VAN DOORN, 1987). Considera-se neste trabalho a seguinte definição de cenários, de acordo com MICHEL GODET (1994, p.60): “um cenário é a descrição de uma situação futura junto com a progressão de eventos desde a situação base até a situação futura”. O método de cenários oferece um mapa cognitivo do futuro, contendo um conjunto de futuros alternativos, cada qual com uma probabilidade de ocorrência associada (MENDELL, 1985). De acordo com GODET (2012), a construção de cenários possui, de forma genérica, três fases, a saber:

1) construção da base: uma imagem detalhada do estado atual do sistema em estudo, sua delimitação e determinação das variáveis-chave, e análise de atores;
2) definição dos possíveis cenários e suas probabilidades, impactos, etc; e
3) descrição da evolução dos acontecimentos da situação atual até a situação futura de cada cenário.

Existe uma variedade de métodos de análise prospectiva, que, combinados convenientemente, possibilitam antecipar os cenários futuros. É o que será visto a seguir.

2.2.3 Métodos de Análise Prospectiva

Nesta subseção serão apresentados os principais métodos de análise prospectiva, categorizados em métodos qualitativos, quantitativos e semi-quantitativos, conforme a taxonomia proposta por Popper (2008). O Quadro 1 resume os métodos de análise prospectiva:

Quadro 1: métodos de análise prospectiva

Categoria	Método
Qualitativo	Backcasting Brainstorming Painel de cidadãos Conferências/seminários Ensaio/redação de cenários Painel de peritos Previsão de especialistas Entrevistas Revisão de literatura Análise Morfológica Árvores de relevância/diagramas lógicos Análise de atores Monitoramento Cenários Ficção científica Jogos e simulações Pesquisa de campo Análise SWOT
Quantitativo	Benchmarking Bibliometria Análise de séries temporais Indicadores Modelagem Análise de patentes Extrapolação de tendências Análise de Impacto
Semi-quantitativo	Análise estrutural Análise de impacto cruzado Delphi Tecnologias críticas Análise Multicritério Votação Cenários quantificados Roadmapping Análise de atores Método Grumbach

Fonte: POPPER (2008) adaptado pelo autor.

2.2.3.1 Métodos Qualitativos

De uma forma geral, os métodos qualitativos usados em análise prospectiva enfocam na interpretação de percepções visando dar significado aos eventos. Tais interpretações são normalmente baseadas em julgamentos subjetivos e processos criativos. A principal vantagem dos métodos qualitativos é o aprofundamento das discussões, o compartilhamento dos diferentes pontos de vista, bem como a melhoria da compreensão das difentes perspectivas. A seguir, serão apresentados os métodos qualitativos usados em processos de análise prospectiva.

2.2.3.1.1 Backcasting

O *Backcasting* é uma abordagem que envolve trabalhar de forma retroativa a partir de um futuro imaginado, a fim de estabelecer o caminho que levará de uma situação atual a uma situação futura. Uma versão do *backcasting* envolve modelagem e simulação, sendo usado principalmente com modelos de planejamento. Mais frequentemente, o *backcasting* vem sendo usado em seminários de elaboração de cenários. Nesse tipo de trabalho, imagina-se um futuro desejado e, em seguida, desenvolvem-se os eventos, ações e pontos de decisão necessários para se alcançar aquele futuro. O *backcasting* é geralmente apoiado por técnicas de *brainstorming*. Muitos consideram o *backcasting* uma forma menos sofisticada de *Roadmapping* (o qual inclui uma linha do tempo). O *backcasting* pode incluir a quantificação da probabilidade dos eventos. O principal objetivo da técnica é identificar possíveis políticas e estratégias para alcançar um futuro desejado (DREBORG, 1996; HOJER & MATTSSON, 2000).

2.2.3.1.2 Brainstorming

O *brainstorming* é um método criativo e interativo, usado em trabalhos de grupo presenciais ou videoconferências, para gerar idéias sobre uma área específica de interesse. Uma das finalidades do *brainstorming* é quebrar a rotina e permitir às

pessoas pensar mais livremente e avançar em outras áreas do conhecimento, a fim de propor novas soluções para os problemas. Os pioneiros no uso dessa técnica foram JUNGK & MÜLLERT (1987), tendo sido aplicada principalmente no que eles denominaram “Seminários de Futuro”. O *brainstorming* é normalmente conduzido em grupos que estão tratando de discussões abertas, mas pode também envolver questionários pré-elaborados e abordagens *online*. O primeiro passo é compartilhar visões de um grupo selecionado de pessoas. Essas visões são colhidas e analisadas na medida em que surgem, sem ser criticadas ou discutidas em profundidade, mas servindo de ponto de partida para a geração de novas ideias. Ao final, todas as ideias são discutidas e agrupadas em categorias, por exemplo, conforme o modelo STEEPV[2].

2.2.3.1.3 Painel de Cidadãos

O Painel de Cidadãos é um grupo de pessoas dedicadas a prover visões em questões relevantes, normalmente para um governo regional ou nacional. O painel é mais do que uma pesquisa de opinião convencional, pois seus membros são encorajados a aprofundar seu conhecimento das questões. As atividades desempenhadas por esse grupo envolvem: responder questionários; discutir questões que afetam a comunidade; e contribuir para o planejamento (por meio de discussão de problemas e proposta de soluções). O principal desafio para a criação de um painel de cidadãos é decidir o quanto representativo da população o painel será, e como alcançar isso, em termos de gênero, idade, etnia, profissão, status social, ideologia e orientação política. Um segundo desafio é obter compromisso no investimento de energia no processo, o que pode requerer que os organizadores vão além de apenas extrair informação dos participantes e conduzam um processo mais profundo de consulta com a explicação do que mudou como conseqüência das contribuições. O Painel de Cidadãos pode ser visto, ainda, como um instrumento para instituições representativas, ou seja, um meio de trazer as perspectivas dos cidadãos para o processo de tomada de decisão (SMITH & WALES, 2000).

2.2.3.1.4 Conferências/Seminários

As Conferências/Seminários são eventos ou encontros que duram de algumas horas a alguns dias, nos quais ocorre um conjunto de palestras, apresentações, discussões e debates sobre um tema específico. Os eventos podem ser mais ou menos estruturados, atribuindo-se aos participantes tarefas específicas, ou deixando os trabalhos fluírem de forma mais livre. Conferências são eventos comuns para se estabelecer redes técnico-sociais, troca de conhecimento ou construção de consenso. Os participantes têm a oportunidade de apresentar a situação atual de seus projetos e atividades de pesquisa. O feedback é usado para ampliar o escopo dos processos de análise prospectiva e/ou validar suas saídas. Os encontros podem ser usados para estimular as pessoas a agir, baseados nos resultados iniciais da análise prospectiva (SIMON & DURANT, 1995).

2.2.3.1.5 Ensaio/Redação de Cenários

O Ensaio/Redação de Cenários envolve a produção de estórias plausíveis de eventos futuros, baseadas na combinação criativa de dados, fatos e hipóteses. Essa atividade requer pensamento intuitivo sobre possíveis futuros, normalmente baseados em uma análise sistemática do presente. Ensaios podem enfocar um conjunto reduzido de imagens do futuro, com uma descrição detalhada das principais tendências na evolução do cenário e/ou do papel dos interessados em promover a evolução do cenário. São normalmente alimentados pelos resultados de sessões de brainstorming, exercícios SWOT, Delphi, painel de peritos e outras atividades. Cenários podem ser preparados imediatamente após seminários, por exemplo. Seus principais objetivos são: descrever situações futuras resultantes da implementação de decisões, estratégias ou políticas; e fazer recomendações a respeito desses futuros (BECKER, 1983; BOUCHER, 1985; SCHWARTZ, 1991).

2.2.3.1.6 Painel de Peritos

O Painel de Peritos é um grupo de pessoas dedicadas a analisar e combinar seus conhecimentos sobre uma determinada área de interesse. Painéis de Peritos são normalmente organizados para obter conhecimento "legítimo", mas pode incluir perspectivas criativas, imaginativas ou visionárias. Em alguns processos de análise prospectiva, nos quais está em jogo a influência sobre os tomadores de decisão, espera-se que os Painéis de Peritos causem impacto no ambiente, pela disseminação de resultados, construção de redes técnico-sociais e/ou obtenção de comprometimento. Técnicas de discussão focada e *brainstorming* são comuns nos Painéis de Peritos. Painéis temáticos (por ex. Biotecnologia ou nanotecnologia) podem empregar outras técnicas como votação, Delphi e análise estruturada, dentre outras. As atividades típicas de um Painel de Peritos são: criação e fortalecimento de redes técnico-sociais; desenvolvimento de inteligência estratégica; estudos relacionados a temas mais amplos; difusão de resultados por meio de artigos, documentos públicos, declarações e entrevistas; estabelecimento de prioridades; e definição de ações a realizar (GEORGHIOU, 2003; HAVAS, 2003).

2.2.3.1.7 Previsão de Especialistas

A Previsão de Especialistas é uma atividade conduzida por indivíduos respeitados, possuidores de notório conhecimento e criatividade. O método consiste na elaboração de previsões baseadas em visões de especialistas, cientistas ou autoridades em uma área específica. Existe o perigo de imposição de um ponto de vista único, por exemplo, no caso de pessoas engajadas em atividades de pesquisa científica ou tecnológica de ponta que usam a visibilidade do processo de análise prospectiva para influenciar no sentido da importância de sua atividade ou tecnologia. Contudo, determinados indivíduos possuem a capacidade de visualizar possíveis futuros e mesmo de abordar questões futuras de forma a estimular o pensamento a respeito de possibilidades futuras (GLENN & GORDON, 1999).

2.2.3.1.8 Entrevistas

As Entrevistas são normalmente descritas como “conversas estruturadas”, sendo uma ferramenta fundamental de pesquisa social. Em análise prospectiva, são normalmente usadas como instrumentos formais de consulta, visando obter conhecimento que se encontra distribuído por diversos entrevistados. Pode ser conhecimento tácito que não foi colocado em palavras, ou conhecimento documentado que é mais facilmente obtido por discussões com peritos e interessados do que por meio de revisão bibliográfica. As entrevistas tem um papel importante na avaliação da análise prospectiva (por exemplo, avaliando como os recursos estão sendo empregados). Elas normalmente auxiliam a conhecer experiências locais e compreender como os estudos são planejados e conduzidos. As entrevistas podem ser mais ou menos “abertas”, na forma de exploração, ou apoiadas por um questionário que ajuda a conduzi-la. A técnica de entrevista é muito adequada para obter conhecimento, mas a organização dos dados qualitativos pode ser muito trabalhosa (RATCLIFFE, 2002).

2.2.3.1.9 Revisão de Literatura

A revisão de literatura representa uma parte básica do processo de monitoramento. Boas revisões geralmente usam um estilo discursivo e são estruturadas em torno de temas e teorias. A revisão pode também buscar explicar as diferentes visões de futuro de diversos autores. A revisão da literatura envolve a análise de livros, relatórios, jornais ou websites, e mais frequentemente requerem um perito no assunto, que usa seu conhecimento no campo para identificar contribuições importantes e sintetizar suas implicações para o assunto de interesse (por exemplo, forças diretoras, futuros alternativos, instrumentos de política, etc).

2.2.3.1.10 Análise Morfológica

A Análise Morfológica é um método analítico-combinatório criado por FRITZ ZWICK (1969), baseado na decomposição de um problema, ou objeto de análise, em seus atributos. Zwicky delineou cinco passos básicos no desenvolvimento da análise morfológica:

1) formulação e definição do problema;
2) identificação e caracterização de todos os parâmetros do problema;
3) construção de uma matriz contendo todas as possíveis soluções do problema;
4) avaliação das soluções baseado na viabilidade e objetividade; e
5) análise das melhores soluções considerando os recursos disponíveis.

Assim, a essência do método de análise morfológica é o passo 3, ou seja, a construção da matriz contendo todas as possíveis soluções do problema, conforme exemplificado no Quadro 2.

Quadro 2: exemplo de Matriz de Análise Morfológica genérica

	Estado 1	Estado 2	Estado 3	...	Estado N
Atributo 1				...	
Atributo 2				...	
Atributo 3				...	
...	...	...	...	...	...
Atributo M				...	

Michel Godet é o principal pesquisador da área de estudos do futuro que emprega a análise morfológica para realizar análise prospectiva (GODET, 2012). A ideia geral é decompor um sistema (país, organização, firma) a ser estudado em seus possíveis atributos, que normalmente são os eventos que conduzem o sistema do estado atual a um estado futuro. Em seguida, para cada evento, são levantados

os possíveis estados que podem assumir no futuro, ou seja, os possíveis futuros. No caso da metodologia proposta por Godet, os estados futuros são quantificados com as probabilidades de ocorrência. Cabe destacar que, de acordo com a teoria das probabilidades, o somatório das probabilidades de cada possível futuro de um mesmo evento deve ser igual a 100% (considerando que todos os possíveis futuros de um dado evento foram levantados). A combinação dos estados futuros de cada evento cria diferentes caminhos ou cenários, conforme mostrado no Quadro 3. (ZWICKY, 1969; RITCHEY & ZWICKY, 1998).

Quadro 3: exemplo de Matriz de Análise Morfológica para análise de cenários

	Futuro 1	**Futuro 2**	**Futuro 3**	**...**	**Futuro N**
Evento 1	Evento 1 ocorre P = 30 %	Evento 1 não ocorre P = 40 %	Evento 1 ocorre parcialmente P = 20%	...	Valor n1 P = 10%
Evento 2	Evento 2 ocorre parcialmente P = 50%	Evento 2 ocorre totalmente P = 25%	Evento 2 não ocorre P = 25%	...	Valor n2 P = n2%
Evento 3	Evento 3 não ocorre P = 80 %	Evento 3 ocorre parcialmente P = 10%	Evento 3 ocorre totalmente P = 10%	...	Valor n3 P = n3%
...	...	...	...	...	...
Evento M	Evento m_1 P = m_1%	Evento m_2 P = m_2%	Evento m_3 P = m_3%	...	Valor n_m P = m_n%

Possível cenário futuro

No exemplo acima, o cenário selecionado no quadro 4 é composto pelo futuro 1 do evento 1, futuro 3 do evento 2, futuro 2 do evento 3, e assim por diante, selecionando-se um futuro de cada evento, até o futuro 3 do evento M.

2.2.3.1.11 *Árvores de Relevância/Diagramas Lógicos*

As Árvores de Relevância e Diagramas Lógicos são métodos nos quais o objeto de pesquisa é abordado de forma hierárquica. Inicia-se com uma descrição geral do objeto e continua com a exploração em diferentes componentes e elementos, examinando particularmente as interdependências entre eles. As atividades podem ser feitas na forma de estudo individual, ou dentro de um seminário onde grupos de peritos definem um objetivo de alto-nível. O objetivo é então conectado a objetivos mais específicos de segundo nível. Em seguida podem ser desdobrados objetivos de terceiro nível e assim por diante. O resultado é detalhado em um diagrama semelhante a uma árvore invertida. Uma árvore de relevância pode ser construída para indicar um conjunto de passos e estágios necessários para alcançar um resultado desejado (CHAUDHRY & ROSS, 1989; GRUPP, 1993). A figura 6 mostra o exemplo de uma árvore de relevância para o setor de entretenimento.

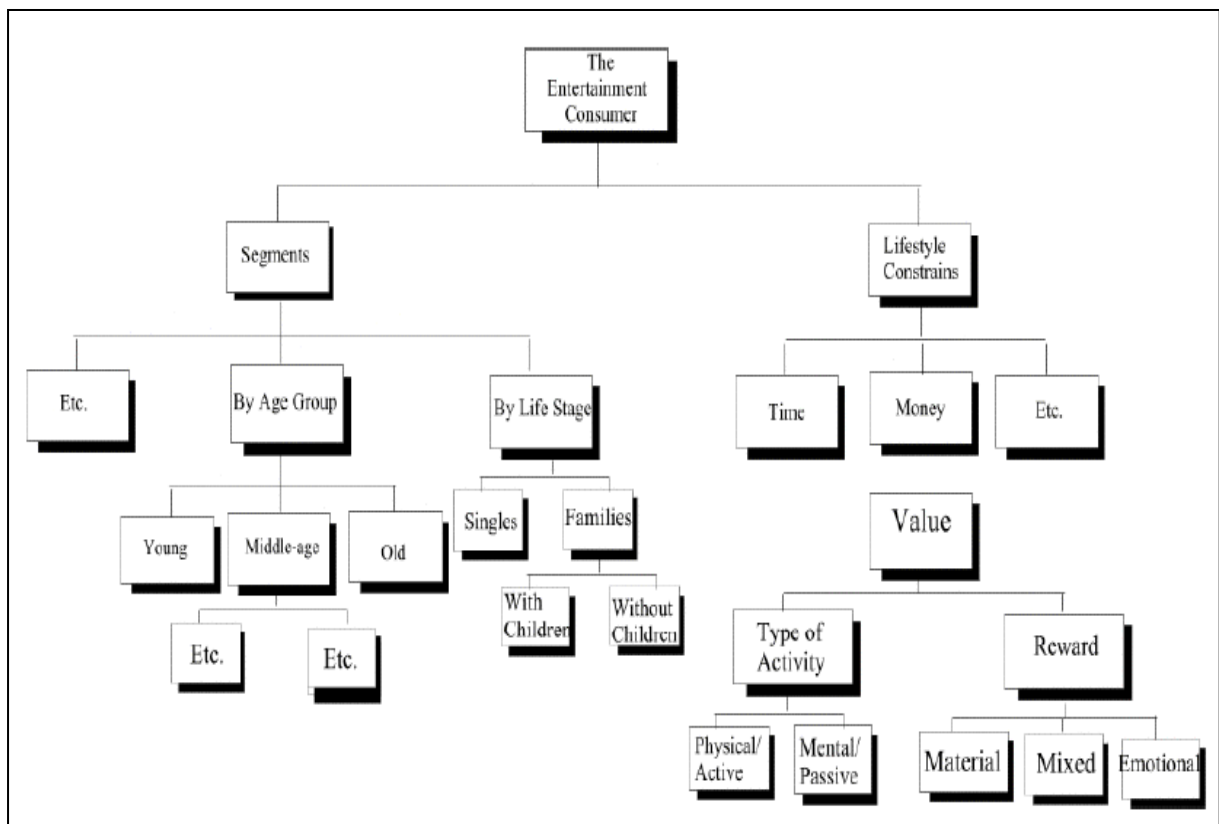



Figura 6: exemplo de árvore de relevância

Fonte: Millenium (2012)

2.2.3.1.12 Cenários

O Método de Cenários refere-se a um amplo segmento de abordagens envolvendo a construção e uso de cenários – visões de futuro plausíveis e mais ou menos consistentes. Geralmente, cenários envolvem várias características do objeto em estudo, não apenas um ou dois parâmetros. Podem ser produzidos por meio de trabalho individual, seminários ou usando ferramentas tais como modelagem computacional. Seminários de cenários normalmente envolvem grupos dedicados à preparação de futuros alternativos. Esses grupos geralmente enfocam em um objeto ou problema particular, onde os cenários resultantes indicam: a visão de peritos sobre um campo específico; ou as visões de grupos de pessoas cuidadosamente selecionadas para representar uma comunidade em particular, organização ou região. Há várias maneiras de articular e elaborar cenários, por exemplo: usando uma matriz 2X2 de parâmetros-chave, conforme mostra a figura 7; usando cenários arquetípicos tais como “melhor do que o esperado”, “pior do que o esperado” e “diferente do esperado”; selecionando cenários que exemplificam tendências-chave e forças diretoras identificadas por meio de abordagem STEEPV ou similiar; e outros meios. Mas pode-se também realizar seminários especialmente para a elaboração de um cenário desejado (Miles, 2005). Tais cenários requerem a identificação de objetivos específicos, e ações para sua consecução (JANTSCH, 1967; BOUCHER, 1977; BOUCHER 1985; MILES, 1981; SCHOEMAKER & VAN DER HEIJDEN, 1992; VAN DER HEIJDEN, 1996; RINGLAND, 1998; ANDERSEN AND JÆGER, 1999; ROUBELAT, 2000; KRAUSE, 2002; BERKHOUT AND HERTIN, 2002; GREEN et al., 2005).

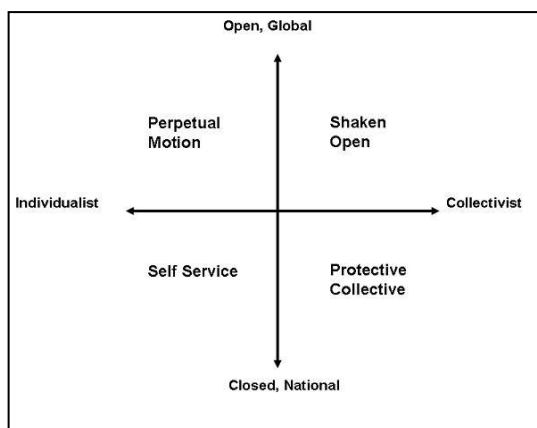



Figura 7: exemplo de matriz 2x2 para análise de cenários

Fonte: Krause (2002)

2.2.3.1.13 Ficção Científica

A Ficção Científica é uma atividade que lida com estórias assumindo que possíveis eventos que ainda não ocorreram irão ocorrer no futuro, elaborando-se as consequencias desse fato. Por envolver narrativa ficcional, esse método não é normalmente usado por governos ou empresas. Contudo, é comum ilustrar cenários com breves estórias criadas com técnica de ficção científica para ilustrar um ou outro ponto do mundo imaginado no futuro. Tais estórias geralmente são criadas como fonte de inspiração para grupos de pessoas envolvidas em pensar o futuro. Uma limitação dessa técnica é a dificuldade em encontrar pessoas com a criatividade necessária para a criação de estórias sobre o futuro. Pode-se utilizar estórias publicadas como fonte de inspiração, mas essa técnica depende de se encontrar material de boa qualidade (LIVINGSTONE, 1971, 1978; MILES, 1993; STEINMÜLLER, 1997).

2.2.3.1.14 Jogos e Simulações

Os Jogos e Simulações estão entre as técnicas mais antigas de previsão e planejamento. Jogos de guerra são um exemplo de simulação usada por estrategistas militares. É uma forma de jogo de atores no qual um grande texto delineia o contexto da ação e dos atores envolvidos. Existem diversos meios tecnológicos usados em simulação, tais como modelagem computacional. Nesses casos, o computador assume o papel de determinados atores, coordenando os efeitos das diferentes ações a partir de regras programadas, correspondendo a realidades físicas. A compreensão do processo que é modelado no jogo, com computação ou não, é muito importante. Abordagens científicas, tais como teoria dos jogos, pode ser aplicada, ou peritos podem ajudar com conhecimento específico. A técnica pode ser empregada para construir conhecimento e explorar possibilidades. Seu objetivo é propor planos de ação, instrumentos de cooperação e desenvolver mapas tecnológicos (GOODWIN, 2002; GREEN, 2002).

2.2.3.1.15 Pesquisa de campo

As Pesquisas de campo, assim como entrevistas, são ferramentas fundamentais das ciências sociais, e são amplamente empregadas em estudos prospectivos. Um questionário é distribuído ou tornado disponível online, e respostas são coletadas a partir de um grande conjunto de respondentes. Altas taxas de participação requerem um desenho atrativo do instrumento. Muitas pesquisas, como por exemplo Delphi, são fechadas, requerendo respostas objetivas, do tipo múltipla escolha. No entanto, a pesquisa pode solicitar respostas qualitativas, por exemplo sugestõessobre tecnologias disruptivas ou forças diretoras. Pesquisas quantitativas podem ser usadas para analisar a distribuição de visões pelo universo de respondentes (POPPER & MILES, 2005).

2.2.3.1.16 Análise de Atores

A Análise de atores requer reflexão, interação imaginativa e criatividade. O método procura responder questões como: “se eu fosse a pessoa X, como iria lidar com o problema Y?” Ou, “se nós fossemos o país X, qual seria nossa posição com relação a questão Y?”A análise de atores é um método interessante e atrativo, embora limitado pelas tendências pessoais e pela dificuldade em se emular as crenças, valores e visões da outra parte. Em análise prospectiva, pode-se empregar jogos, nos quais vários participantes assumem papeis de indivíduos ou grupos para desenvolver situações diversas. Participantes em seminários de análise de atores recebem as informações dos perfis detalhados dos atores envolvidos. Tais perfis podem ser distribuídos antecipadamente, a partir de análise tais como revisão de literatura e entrevistas (YOUNG, 1998; GOODWIN, 2002; ARMSTRONG, 2002).

2.2.3.1.17 Análise SWOT

A Análise SWOT, sigla que representa os termos em língua inglesa *Strenghts* (forças), *Weaknesses* (fraquezas), *Opportunities* (oportunidades) e *Threats* (ameaças), é um método que indentifica fatores internos e externos à organização ou à unidade geopolítica em questão. A idéia básica da análise SWOT é que os aspectos positivos internos constituem as forças da organização, os aspectos negativos internos são as fraquezas da organização. Por outro lado, os aspectos positivos externos constituem as oportunidades e os aspectos negativos externos são as ameaças à organização. Assim, internamente, indentificam-se as forças e fraquezas, em termos de recusos, capacidades, etc. Externamente, identificam-se as ameaças e oportunidades, por exemplo mudanças sócio-econômicas ou ambientais, comportamento dos concorrentes, competidores,mercados, etc. Toda essa análise é organizada em uma matriz 2x2, denominada Matriz SWOT, conforme mostra a figura 8. A análise SWOT é muito usada como ferramenta para a formulação de estratégias e tomada de decisão (PIERCY & GILES,1989; KLUSACEK, 2004).

Figura 8: matriz de análise SWOT

Fonte: Klusacek, 2004, adaptado pelo autor

2.2.3.1.18 *Sinais Fracos/Fatos de Alto Impacto*

A análise de Sinais Fracos/Fatos de Alto Impacto (SF/FAI) é normalmente conduzida por pequenos grupos de pessoas altamente qualificadas capazes de combinar conhecimento, análise de dados e criatividade. Os SF são indícios que não parecem ter impacto no presente, mas que podem vir a disparar eventos importantes no futuro (por exemplo, mudanças em atitudes do público, um novo padrão de entendimento sobre problemas de saúde, etc). Identificar os SF é uma das mais desafiadoras tarefas em estudos do futuro e sua análise frequentemente leva à identificação de FAI (chamados em inglês de "*wild cards*"), os quais são eventos surpreendentes e inesperados, com baixa probabilidade de ocorrência, mas com altíssimo impacto (por exemplo, os ataques de 11 de setembro ao World Trade Center, mudanças repentinas na dominância de nações ou ideologias políticas, grandes desastres em sistemas ambientais ou tecnológicos, etc). São normalmente identificados por meio de brainstorming, ficção científica e previsão de especialistas. Têm-se sugerido que jogos e simulações podem servir de inspiração para os participantes pensarem novos padrões de comportamento e respostas (ANSOFF, 1975; ROCKFELLOW, 1994; PETERSEN, 1999; CORNISH, 2003; MENDONCA et al., 2004; STEINMÜLLER, 2004; HILTUNEN, 2006; ILMOLA & KUUSI, 2006).

2.2.3.1.19 *Monitoramento*

O monitoramento envolve observação, exame e sistemática descrição do contexto tecnológico, sócio-cultural, político, ecológico e econômico relacionados aos atores em questão – país, industria, firma, organização, etc. As técnicas de monitoramento podem ser mais ou menos formalizadas, sistemáticas e abrangentes, a fim de procurar e coletar informação por meio de revisão de literatura, SWOT, Internet, analise bibliometrica e de patentes, etc. É uma atividade frequentemente denominada de "inteligência". Por vezes também se refere a essa atividade como "prospecção", sendo atribuída a acadêmicos ou consultores, alguns dos quais especializados em monitorar tendências a partir de documentos científicos ou mídia (DEFRA, 2002; LAPIN, 2004).

2.2.3.2 Métodos Quantitativos

Muitos métodos quantitativos são usados em análise prospectiva para prover uma base de evidências, ou mesmo como ferramentas de previsão e extrapolação de tendências. Quando os dados podem ser quantificados, pode-se usar ferramentas para manipulação, mas a utilidade delas depende da qualidade dos dados em primeiro lugar. Os resultados produzidos por métodos quantitativos podem ser de grande valia, além de possibilitar a apresentação dos resultados em gráficos e diagramas. O crescente uso de métodos quantitativos em análise prospectiva tem favorecido a ascensão de novas aplicações baseadas em Tecnologia da Informação que facilitam a aquisição de dados, o processamento e a visualização dos resultados. Dentre essas aplicações, destaca-se o uso crescente da rede mundial de computadores para obter opiniões de especialistas, ou mesmo de cidadãos comuns da sociedade como um todo, enriquecendo ainda mais o universo pesquisado.

2.2.3.2.1 Benchmarking

O *Benchmarking* é um método normalmente usado para planejamento estratégico de marketing e negócios, que vem se tornando cada vez mais comum nos processos de decisão governamentais. A idéia principal é comparar o que os outros estão fazendo com o que a organização estudada está fazendo. Isso envolve a comparação de unidades de análise similares em termos de indicadores comuns, por exemplo: capacidade de pesquisa; tamanho do mercado; potencial para o desenvolvimento e exploração de tecnologias; capacidade dos recursos humanos; etc. Frequentemente, estudos de benchmarking são contratados a consultorias especializadas com acesso a dados atualizados sobre países, regiões, indústrias, mercados, dentre outros (DE LA PORTE et al., 2001; LUNDVALL & TOMLINSON, 2002; ARROWSMITH et al., 2004).

2.2.3.2.2 Bibliometria

A Bibliometria é um método baseado em análise estatística e quantitativa de publicações. Pode envolver apenas a tabulação de publicações emergentes em uma área, talvez focando nos produtos de diferentes países em diferentes campos e como eles evoluem ao longo do tempo. A análise de impacto examina as citações para avaliar, por exemplo, os trabalhos mais influentes em áreas específicas. Isso envolve o uso de ferramentas como Índice de Citações Científicas ou mineração de texto que requerem a construção de algoritmos para extrair freqüências de frases similares de qualquer tipo de base de dados textual e o uso das capacidades interpretativas de analistas humanos (KOSTOFF et al., 2001; MELKERS, 1993; NARIN & OLIVASTRO, 1994).

2.2.3.2.3 Análise de Séries Temporais/Indicadores

A Análise de Séries Temporais (AST) envolve a identificação de dados numéricos para medir mudanças ao longo do tempo. Indicadores são geralmente construídos a partir de dados estatísticos com o propósito de descrever, monitorar e medir a evolução e o estado atual de questões relevantes. Como o termo denota, eles “indicam” aspectos da questão, ao invés de prover uma descrição abrangente da mesma. Indicadores podem ser econômicos (por ex. PIB, custos trabalhistas), sociais (analfabetismo, mortalidade infantil, etc), ambientais (emissões de gás carbônico), científicos (publicações), tecnológicos (patentes, invenções, inovações), detre outros. Como a AST (análise de uma série de pontos, medidos normalmente em tempos consecutivos), é possível dizer que o método vem se tornando cada vez mais popular na previsão econômica, estudo de dados biológicos e outros (BOX & JENKINS, 1976; HARVEY, 1989; BROCKWELL & DAVIS, 1996).

2.2.3.2.4 Modelagem

A Modelagem geralmente se refere ao uso de modelos computacionais que relacionam valores de variáveis. Modelos muito simples podem ser baseados em relações estatísticas entre duas ou três variáveis apenas – mesmo extrapolação é uma forma elementar de modelagem (na qual o tempo é uma variável). Modelos mais complexos podem usar centenas, milhares ou ainda mais variáveis. Modelos econométricos são rotineiramente usados em definição de políticas econômicas, por exemplo, e são “calibrados” a partir de estatísticas econômicas e análise estatística de suas interrelações. Modelos são frequentemente usados em outras versões de atividade de planejamento, por exemplo para estimar o efeito de alternativas de uso da terra ou estratégias de transporte. Muitos estudos do futuro empregam modelos que envolvem relações que são não-lineares e variáveis cuja calibragem é altamente difícil. Há um considerável desenvolvimento no campo da modelagem, como o uso de computadores de processamento paralelo (FORRESTER, 1971; MEADOWS et al., 1972; PAGAN, 2003).

2.2.3.2.5 Análise de Patentes

A Análise de Patentes assemelha-se à bibliometria, mas usa patentes ao invés de publicações como ponto de partida. Ela provê inteligência estratégica sobre tecnologias, e pode ser usada para indicar “vantagem competitiva” baseada na liderança em desenvolvimento tecnológico. Ela ajuda a compreender quem são os líderes tecnológicos. Pode também ser usada para comparar organizações e países, ou áreas tecnológicas, por exemplo, campos onde altos níveis de atividade parecem estar em andamento. Utiliza métodos estatisticos para analisar quantitativamente registros de patentes, assumindo que um aumento ou redução no número de registros indicam, por exemplo, alto ou baixo potencial para desenvolvimento tecnológico em determinadas áreas. Uma análise mais qualitativa pode focar no conteúdo das patentes. Normalmente essa informação é usada para auxiliar na tomada de decisões estratégicas sobre investimento em P&D, bem como para

possíveis adaptações ou mesmo aquisições de tecnologias patenteadas. Uma limitação é que, mesmo na maioria dos países desenvolvidos, as informações sobre patentes é usualmente defasada dois, três ou mais anos. Além disso, algumas indústrias fazem pouco uso de patentes, deixando várias tecnologias e inovações sem ter como ser rastreadas (NARIN and OLIVASTRO, 1988; ERNST, 1997).

2.2.3.2.6 Extrapolação de Tendências

A Extrapolação de Tendências é uma das ferramentas de previsão estabelecidas há mais tempo. Ela provê uma idéia grosseira de como os desenvolvimentos no passado e no presente podem evoluir no futuro – assumindo que o futuro é uma continuação do passado e do presente. Essencialmente, assume-se que certos processos subjacentes – os quais podem ou não ser explicados – irão continuar a operar, mantendo a tendência. Na prática, a maioria da tendências, se não todas, irão se deparar com limites e contra-tendências em algum momento de sua evolução. Análises de tendências mais sofisticadas tentam lidar com essas questões conformando curvas específicas de um fenômeno particular (por exemplo, curvas logísticas S são frequentemente usadas para representar variáveis como crescimento poulacional ou difusão de tecnologias). Recentemente, o conceito de Megatendências vem se tornando popular para se referir a fenômenos de nível macro, os quais incluem vários sub-fenômenos (por ex. globalização, envelhecimento populacional, mudança climática, etc) (ARMSTRONG et al., 2005; ARMSTRONG, 2006).

2.2.3.2.7 Análise de Impacto

Análise de Impacto tem por objetivo identificar potenciais impactos que tendências fortes ou eventos podem ter sobre sistemas, regiões, políticas, pessoas, etc. Os impactos seriam então descritos em termos de sua probabilidade (provável, improvável), prazo de ocorrência (curto/médio/longo prazo), força ou conseqüências esperadas (positivo, negativo, neutro) (PORTER et al., 1980).

2.2.3.3 Métodos Semi-Quantitativos

Os métodos semi-quantitativos são assim denominados porque aplicam princípios matemáticos para manipular dados obtidos de forma subjetiva, tais como julgamentos racionais, estimativas e pontos de vista de peritos, respondentes e fontes similares.

2.2.3.3.1 Análise Estrutural/Análise de Impacto Cruzado

A Análise Estrutural/Análise de Impacto Cruzado (AIC) tenta trabalhar sistematicamente com as relações de um conjunto de variáveis, ao invés de examinar cada uma como se fossem independentes uma da outra. Ela requer que um conjunto de variáveis-chave seja determinado a fim de compreender o sistema em questão. Normalmente, julgamento de peritos é usado para examinar a influência de cada variável sobre a outra – produzindo uma matriz cujos elementos representam o efeito de uma variável sobre cada outra. AIC tem sido adaptada para explorar o que os peritos acreditam com relação à interação entre tendências, *stakeholders* e objetivos de um sistema (nesse caso denomina-se Análise Estrutural). Uma limitação do método – além do tedioso esforço que a elaboração da matriz demanda – é que ele não lida bem com formas de causalidade envolvendo a interação de várias variáveis, ou mesmo quando existe relacionamento não-linear entre as variáveis. A Análise Estrutural enfoca na identificação e interpretação de correlações entre variáveis (por ex, tendências e forças diretoras). Ferramentas como matrizes de impacto-cruzado são aplicadas, como no método MICMAC de Michel Godet, para identificar aquelas forças diretoras que são chave em termos de sua influência e dependência sobre outros elementos de um sistema em particular. Atualmente, análise estrutural é feita com software especializado de forma individual ou online (GODET, 2000; POPPER, 2002).

2.2.3.3.2 *Delphi*

O Delphi é uma técnica bem estabelecida que envolve o questionamento repetido dos mesmo indivíduos, retornando, às vezes, os resultados parciais das rodadas de perguntas, sem identificação, a fim de possibilitar a reavaliação das opiniões, supondo-se que isso permitirá julgamentos sem influências ou pressões externas. A técnica foi desenvolvida para evitar tendências de seguir opiniões de líderes de grupo e outros problemas, como a relutância em mudar opiniões prévias. Normalmente, são realizadas duas ou no máximo três rodadas. A cada rodada, os resultados consolidados são apresentados aos respondentes, para possibilitar a reavaliação das opiniões, buscando obter um consenso. A técnica pode ser empregada para buscar qualquer tipo de informação ou opinião, requerendo apenas um bom desenho dos questionários a ser aplicados, de forma que o papel do responsável pela elaboração e aplicação da técnica cresce de importância (Kuusi, 1999). Atualmente, a técnica Delphi vem sendo realizada principalmente por meio de ferramentas online. (LOVERIDGE et al., 1995; LINSTONE & TUROFF, 2002; POPPER, 2003; POPPER & MILES, 2005a).

2.2.3.3.3 *Tecnologias Críticas*

Métodos de tecnologias críticas envolvem a elaboração de uma lista de tecnologias para um setor específico, região ou país. Uma tecnologia é dita “crítica” se contribui para a criação de riqueza ou se ajuda a aumentar a qualidade de vida das pessoas, se é crítica para a competitividade, ou é uma tecnologia fundamental que influencia muitas outras tecnologias. Contudo, para que o método seja implementado necessita fazer uso de outros métodos, tais como painel de peritos, Delphi ou análise multi-critério. O método é normalmente orientado para tecnologias emergentes, envolvendo peritos nas novas áreas tecnológicas, mas pode envolver outros *stakeholders*, como políticos e empresários (BIMBER & POPPER, 1994; DURAND, 2003; KEENAN, 2003; WAGNER & POPPER, 2003).

2.2.3.3.4 Análise Multi-Critério

A Análise Multi-Critério é uma técnica de priorização e apoio à decisão desenvolvida especificamente para situações e problemas complexos, nos quais existem múltiplos critérios que devem ser levados em conta para uma decisão. O método trabalha pedindo aos participantes para avaliar a importância de vários critérios, ou atributos, e o impacto de uma série de opções, políticas ou estratégias em cada critério. Aos diferentes critérios podem ser atribídos pesos diferentes. Pontua-se então as diferentes opções e soma-se o total obtido para cada critério. A opção com maior pontuação é de maior prioridade. O total de pontuação é calculado com base nesse julgamento, e convém conduzir uma análise de sensibilidade a fim de avaliar os efeitos de cada critério sobre o total. O procedimento requer que sejam feitos muitos julgamentos, mas a técnica permite que sejam priorizadas diferentes possibilidades, ou linhas de ação, para um mesmo problema, de forma lógica e objetiva (MEYER-KRAHMER & REISS, 1992; HENRIKSEN & TRAYNOR, 1999; SALO et al., 2003). O quadro 4 mostra um exemplo de análise multicritério genérica, com 4 critérios. Cada critério possui um peso. Existem 3 opções de escolha para cada critério e a opção 2 foi a vencedora, por somar 15 pontos.

Quadro 4: exemplo genérico de análise multi-critério

<table>
<tr><td colspan="3"></td><td colspan="3">Opções</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td>Peso</td><td>Opção 1</td><td>Opção 2</td><td>Opção 3</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Critérios (atributos)</td><td>Critério 1</td><td>3</td><td>1</td><td>3</td><td>2</td></tr>
<tr><td>Critério 2</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>1</td></tr>
<tr><td>Critério 3</td><td>2</td><td>3</td><td>1</td><td>2</td></tr>
<tr><td>Critério 4</td><td>1</td><td>2</td><td>1</td><td>3</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">Total</td><td>13</td><td>15</td><td>14</td></tr>
</table>

O cálculo é feito multiplicando-se o peso de cada critério (atributo) pelo valor da opção e somando-se. Assim:

Opção 1 = 3x1+1x2+2x3+1x2=13

Opção 2 = 3x3+1x3+2x1+1x1=15

Opção 3 = 3x2+1x1+2x2+1x3=14

2.2.3.3.5 Votação

A técnica da votação é uma das mais simples, porém ainda muito utilizadas, técnicas para se obter opiniões de forma quantificada sobre um determinado assunto. Entre os participantes de um seminário, pode-se simplesmente solicitar que levantem a mão, afixem um determinado símbolo na parede, ou expressem seu voto de modo eletrônico, via Internet, por exemplo. Por meio de votação, os participantes podem indicar a probabilidade, o impacto, a prioridade, a viabilidade, dentre outros aspectos de um sistema em questão (PALETZ et al., 1980; WITTE & HOWARD, 2002; CUHLS, 2004).

2.2.3.3.6 Cenários Quantificados

Existem várias formas de cenários quantificados. Uma versão envolve a quantificação de parâmetros relacionados com o cenário em questão. Por exemplo, peritos podem estimar a probabilidade de ocorrência de cenários, o impacto, o prazo, etc. Podem ainda ser estimados os impactos de um determinado cenário sobre outros, como no caso do método SMIC proposto por DUPERRIN e GODET (1975). Uma outra versão envolve identificar visões alternativas sobre futuros (GODET, 2000).

2.2.3.3.7 Roadmapping

O *Roadmapping* é um método que delineia o futuro de uma tecnologia, gerando uma linha do tempo para o desenvolvimento de várias tecnologias interrelacionadas, por vezes incluindo fatores como marco regulatório e mercado. É uma técnica amplamente usada por indústrias de alta tecnologia, nas quais serve tanto como ferramenta para comunicação, troca, e desenvolvimento de visões compartilhadas, como um meio para comunicar expectativas sobre o futuro a outros parceiros. O método ocasionalmente é aplicado a outros tópicos que não o desenvolvimento tecnológico, sendo o termo "*roadmap*" usado para descrever todas as formas de planejamento antecipado (WILLYARD & MCCLEES, 1987; KOSTOFF & SCHALLER, 2001; SARITAS & ONER, 2004; PHAAL et al., 2004).

2.2.3.3.8 Análise de Atores

A Análise de Atores é uma técnica de planejamento que leva em consideração os interesses e forças de diferentes atores, a fim de identificar objetivos-chave em um sistema e reconhecer potenciais alianças, conflitos e estratégias. Esses métodos são muito comuns em negócios e política. Em estudos do futuro, há técnicas como MACTOR que realizam essa análise de forma mais aprofundada, considerando se determinados atores estão a favor ou contra determinados objetivos, e representando a situação em termos de matrizes que podem ser formalmente analisadas. Tal informação é então usadas para construir cenários, planejamento estratégico e determinar estratégias para os atores. Idealmente, o método requer informação confiável sobre o interesse dos atores e a força de suas atitudes. Pode ser difícil levar em consideração a mudança de pontos de vista, compromissos e novas estratégias associadas a alianças, e a emergência de novos atores. Mas, de acordo com De Jouvenel (1967), conhecer a rede de compromissos recíprocos pode reduzir a incerteza sobre o futuro (BURGOYNE, 1994; GODET, 2001; ELIAS et al., 2002; CASSINGENA HARPER & GEORGHIOU, 2005).

2.2.3.3.9 Método Grumbach

O Método Grumbach é na realidade um conjunto de alguns dos métodos já explicados nesta seção, como brainstorming, Delphi e Análise de Impactos Cruzados. Ele consiste, basicamente, na sua fase de “visão de futuro”, do levantamento de forças diretoras, denominadas “fatos portadores de futuro”, obtendo a quantificação, via consulta a peritos, de três variáveis para cada fato: probabilidade de ocorrência, pertinência e auto-avaliação do conhecimento do perito sobre o fato. Normalmente, são feitas duas rodadas Delphi. A técnica de brainstorming é usada na fase de levantamento dos fatos portadores de futuro. O Método Grumbach é criticado por se limitar a formar 2^n cenários possíveis, “engessando” a análise de eventos futuros a duas possibilidades: “ocorre” e “não ocorre” (GRUMBACH, 2000).

2.3 Política de C&T

A presente seção trata da importância da análise prospectiva como ferramenta à disposição do Estado para elaboração de políticas de C&T, considerando-se como uma das tarefas relevantes dessa política a definição de orientações gerais para a prática de pesquisa científica (básica) e tecnológica (aplicada) no país, quando se tem por foco a inovação, em particular no setor de defesa. Inicialmente, será apresentada uma discussão filosófica da ciência e da tecnologia, desde Tales de Mileto, Platão, Aristóteles, passando por Francis Bacon, David Hume, Karl Popper, Thomas Kuhn, até Donald Stokes. Em seguida, procurar-se-á mostrar, por meio de exemplos, como a busca do entendimento (ciência) foi influenciada pela perspectiva do uso (tecnologia) ao longo da história. Segue-se uma discussão sobre as formas de se orientar a pesquisa científica. Após isso, discute-se o papel do Estado no desenvolvimento científico e tecnológico e os modelos de política de C&T

.

2.3.1 Discussão Filosófica da C&T

Se a proposta da análise prospectiva no âmbito da presente tese é que possa ser utilizada pelo Estado como ferramenta para orientar a ciência, a tecnologia e a inovação, então deve-se investigar o seguinte: em termos filosóficos, é possível orientar a C&T? Isso leva a uma outra questão, ainda mais fundamental: fazer ciência significa, necessariamente, buscar a ampliação do conhecimento sem a preocupação de sua aplicação prática? Essa subseção discutirá brevemente as bases filosóficas dessa questão, à luz da literatura existente sobre o assunto.

Atribui-se aos gregos a criação do que se considera a investigação científica. Segundo LAW (2008, p.57), é a partir de Tales de Mileto (585 a.C.?), além de outros pensadores milésios, que se buscou explicações naturalistas para os fenômenos, em vez de apelar para mitos e ações de deuses antropomórficos. Os filósofos gregos daquela época rejeitaram a consecução de aplicações práticas como um fim legítimo da filosofia natural.

Para Platão (427-347a.C.), dois aspectos levavam a separar a busca do conhecimento de sua aplicação prática. Primeiro, os cidadãos empenhados na investigação filosófica deviam possuir uma posição social mais elevada do que aqueles que faziam trabalhos manuais. Além disso, o verdadeiro conhecimento estava nas formas gerais ou ideais, e não nos objetos do mundo cotidiano. Conseqüentemente, o conhecimento não poderia ser alcançado por meio dos sentidos, e, portanto, não deveria estar ligado a uma necessidade de aplicação prática (PLATÃO, 2010).

Aristóteles (384-322 a.C.) discordou de Platão quanto ao meio de alcançar o conhecimento. Aristóteles afirmava que o conhecimento devia se fundar na experiência, ou seja, o ponto de partida do conhecimento deveria ser os sentidos. Ele admitia a indução como forma de generalização, mas apenas para estabelecer premissas. A partir daí, Aristóteles afirmava que o conhecimento deveria ser alcançado por meio de dedução, a exemplo do silogismo a seguir: “todos os homens são mortais”; “Sócrates é homem”; logo, “Sócrates é mortal”. No entanto, Aristóteles continuou rejeitando a utilização prática como propósito da investigação científica, afirmando que os homens “filosofavam para escapar à ignorância, [pois] eles estavam evidentemente buscando a ciência com o objetivo de conhecer, e não por qualquer fim utilitário” (ARISTÓTELES, 2010).

Durante a Idade Média (476-1453), a filosofia foi caracterizada pela busca de justificativa para as crenças religiosas por meio de argumentações racionais, o que ficou conhecido genericamente por Escolástica. De forma geral, os filósofos medievais discutiram e criticaram o ponto de vista aristotélico sobre o processo científico, e sua afirmativa de que o conhecimento científico é uma verdade necessária. Roger Bacon (1214-1292) sugeriu que a base factual do conhecimento poderia ser aumentada por meio da experimentação ativa. Duns Scotus (1265-1308) elaborou um método científico conhecido como Método da Concordância, que consistia em relacionar as circunstâncias presentes nos vários casos de um determinado fenômeno, a fim de verificar se alguma delas se repete em todos os casos (LOSEE, 2000).

Posteriormente, no século XVI, Francis Bacon (1561-1626) propôs uma nova abordagem ao esforço científico, baseada na observação do mundo, usando essas observações como base para a formulação de teorias (apelo utilitarista e indutivista). Bacon criticou a Escolástica, que considerava estéril por não apresentar nenhum resultado prático para a vida humana. Criticou também a visão de ciência aristotélica, baseada no raciocínio silogístico (dedutivo). Em contraponto, Bacon preconizava o raciocínio indutivo como forma de se fazer ciência. Em sua análise, o conhecimento seria um meio de conquistar poder sobre a natureza, atribuindo-se a ele o aforismo “saber é poder”. Ele afirmava que os homens deveriam controlar e dirigir as forças da natureza a fim de melhorar a qualidade de vida de seus semelhantes. Ou seja, para Bacon, o fim último da investigação científica é o poder sobre a natureza. Dessa forma, a ênfase de Bacon sobre a aplicação prática do conhecimento científico aparece em marcado contraste com a posição de Aristóteles de que o conhecimento constitui um fim em si. Dessa forma, Bacon considerava que a ciência deveria ser feita tendo em vista sua aplicação prática (BACON, 2010; LOSEE, 2000).

Mais tarde, no século XVIII, David Hume (1711-1776) aprofundou a discussão sobre o inducionismo, no que ficou conhecido como “o problema da indução”. Para Hume, a razão humana não é suficiente para fazer avançar a ciência por meio da indução. É dele o famoso aforismo “a razão é escrava da paixão”. Com isso, Hume queria dizer que, a partir de um determinado ponto na busca do conhecimento, o pesquisador deverá confiar em sua intuição, mais do que na razão (HUME, 2001).

Já no século XX, Karl Popper (1902-1994) rejeitou a concepção de Hume e propôs que a ciência avança por meio da tentativa de falsificação das teorias existentes. Para Popper, uma teoria só pode ser considerada científica se for falsificável, isto é, se for possível apresentar evidências que invalidem a teoria. Uma vez que a teoria é provada falsa, então uma nova teoria é formulada para substituí-la, avançando as fronteiras do conhecimento humano. Popper contornou, assim, o problema da indução de Hume. Portanto, para Popper, não havia necessidade de que a ciência tivesse aplicação prática (POPPER, 1959).

Buscando explicar como a ciência é feita, Thomas Kuhn (1922-1996) desenvolveu uma teoria das revoluções científicas. Ele afirmou que há períodos em que a ciência se desenvolve de forma “normal”, por meio do acúmulo sucessivo de conhecimento em torno de determinados paradigmas. Contudo, existiriam determinados momentos em que o paradigma é quebrado e acontece uma “revolução científica”, substituindo o paradigma antigo por um novo. Por “ciência normal”, Kuhn se referia à pesquisa firmemente baseada em uma ou mais realizações científicas passadas. Por paradigma, entendem-se os fundamentos do campo de estudos, ou seja, aquilo que é tomado, pela comunidade científica, como certo e não discutível. Assim, segundo o enfoque historicista de Kuhn, a ciência se desenvolve segundo determinadas fases, a saber: 1) estabelecimento de um paradigma; 2) ciência normal; 3) crise; 4) revolução científica; e 5) estabelecimento de um novo paradigma. Em suma, o que Kuhn nos propõe é uma alternativa ao progresso cumulativo, característico da explicação indutivista da ciência baconiana (KUHN, 2009).

Finalmente, Donald Stokes (1928-1997) defendeu a idéia de que a pesquisa científica estratégica deveria ser, prioritariamente, orientada pela possibilidade de gerar aplicações práticas, o que denominou “ciência inspirada pelo uso” (STOKES, 2005). Ele identificou três modalidades de pesquisa: a pesquisa básica pura; a pesquisa básica inspirada pelo uso; e a pesquisa aplicada pura. Segundo Stokes, a pesquisa básica pura é aquela motivada exclusivamente pela curiosidade do pesquisador, e seria exemplificada pelo trabalho do físico Niels Bohr, que formulou um modelo atômico sem preocupação do impacto que sua pesquisa poderia ter no mundo. A pesquisa aplicada pura seria representada pelo trabalho de Thomas Edison, que conduziu pesquisas direcionadas exclusivamente por objetivos práticos, sem procurar por um entendimento mais geral dos fenômenos científicos subjacentes.

O terceiro tipo de pesquisa – a pesquisa básica inspirada pelo uso – seria um meio termo entre aqueles dois, sendo exemplificada pelo trabalho de Louis Pasteur, que procurou compreender fenômenos científicos esperando, contudo, que essa compreensão possibilitasse solucionar um problema prático, o que Stokes denominou “Quadrante de Pasteur” (STOKES, 2005).

2.3.2 Discussão Histórica da C&T

Esta seção pretende responder a seguinte pergunta: existem evidências históricas de que é possível fazer ciência de forma orientada à uma possível aplicação do conhecimento?

Verificou-se no item anterior que, do ponto de vista filosófico, é possível fazer ciência tendo em vista uma possível aplicação do conhecimento. Agora, pretende-se demonstrar que as preocupações tecnológicas (possibilidade de uso ou aplicação) condicionam de várias maneiras a pesquisa científica (busca do entendimento), apresentando vários exemplos em que as aplicações práticas precederam e condicionaram a ciência, ao longo da história.

No século XVII, o físico e matemático italiano Evangelista Torriceli (1608-1647) tentava projetar uma bomba aspirante mais eficiente. Embora as bombas aspirantes já fossem conhecidas desde a antiguidade, não conseguiam elevar uma coluna d'água acima de 10 metros. Em sua tentativa de projetar uma bomba que conseguisse ultrapassar aquele limite, Torricelli demonstrou o peso do ar atmosférico, um avanço científico de fundamental importância, que levou, por sua vez, à elaboração de um novo instrumento científico, o barômetro. Portanto, a busca de uma solução prática – a bomba de aspiração – levou a uma descoberta científica: o peso do ar atmosférico (COHEN, 1948).

Até o século XVIII, as primeiras máquinas a vapor eram construídas de forma totalmente empírica, sem nenhum embasamento científico, embora fossem tecnologias avançadas para a época, sendo por si só importante fator que conduziu à Primeira Revolução Industrial (LANDES, 1979; LANDES, 1994). Nicolas Leonard Sadi Carnot (1796-1832), físico, matemático e engenheiro francês, procurava entender o que determinava a eficiência das máquinas a vapor. Carnot, ao buscar o entendimento das relações entre calor e trabalho que governavam as máquinas a vapor, criou a ciência da termodinâmica. Assim, a necessidade de resolver um problema prático – o aumento da eficiência das máquinas a vapor – levou à ampliação do conhecimento científico com as leis da termodinâmica (CARDWELL, 1971).

Já no século XIX, James Prescott Joule (1818-1889) não era acadêmico nem engenheiro, mas trabalhava como gerente em uma das cervejarias de seu pai e tinha a ciência como *hobby*, sendo fascinado pela eletricidade. Ao buscar fontes alternativas de energia, que pudessem reduzir os custos operacionais da cervejaria, passou a investigar a possibilidade de substituição do motor a vapor usado na firma pelo recém inventado motor elétrico. Em sua investigação, Joule acabou descobrindo a lei de conservação de energia. Dessa forma, uma das leis mais importantes da ciência foi descoberta devido a uma necessidade prática de redução de custos em uma cervejaria (CROWTHER, 1936).

Naquele mesmo século, Louis Pasteur (1822-1895), a pedido dos vinicultores e cervejeiros da região onde residia, começou a investigar a razão pela qual azedavam os vinhos e a cerveja. Pasteur conseguiu identificar a bactéria responsável pelo processo e propôs eliminar o problema aquecendo a bebida lentamente, a fim de matar as bactérias e, em seguida, guardando o líquido em recipientes hermeticamente selados, processo que ficou conhecido como pasteurização dos alimentos. Demonstrou, desta forma, que todo processo de fermentação e decomposição orgânica ocorre devido à ação de organismos vivos. Pasteur é considerado o pai da microbiologia. Desse modo, a ciência da microbiologia surgiu a partir de um problema de ordem prática, ou seja, a necessidade de evitar o azedamento de vinhos e cervejas (STOKES, 2005).

Após a segunda metade do século XIX, uma grande quantidade de ligas metálicas passou a ser produzida por meio das tecnologias de fundição Bessemer, segundo métodos de tentativa-e-erro. Uma liga de alumínio conhecida como duralumínio foi desenvolvida empiricamente e mostrou possuir uma interessante propriedade de endurecimento com o tempo. A ciência da metalurgia surgiu como uma necessidade de entender esses e outros fenômenos (HUNSICKER & STUMPF, 1965).

O químico francês Marcellin Berthelot publicou em 1867 o resultado de suas pesquisas científicas sobre a ação do calor nos hidrocarbonetos. No entanto, essa prática já era conhecida e utilizada para o refino do petróleo, e chamava-se craqueamento. Portanto, Berthelot proporcionou apenas o entendimento do que já estava acontecendo na prática na indústria do petróleo (BIRR, 1966).

No início do século XX, fazia-se uso extensivo de materiais semicondutores, tais como retificadores de óxido de cobre e de silício. Isso levou a considerar a possibilidade de uso desses materiais em outras aplicações, a fim de substituir as válvulas até então empregadas. As pesquisas básicas decorrentes levaram à descoberta do efeito transistor, em 1948, por John Bardeen, Walter Houser Brattain e William Bradford Shockley, que foram laureados com o Nobel de Física em 1956 (MORTON, 1971).

Nos primórdios do uso do rádio como meio de comunicações, os sinais de ondas curtas (também chamada de HF – *High Frequency*) eram considerados inadequados para uso profissional. Os usuários amadores começaram a utilizar essas ondas e acabaram descobrindo que eram eficientes para comunicações a longa distância. Surgiram várias pesquisas científicas para entender porque as ondas curtas eram eficientes para comunicações a longa distância, o que levou a descobertas importantes sobre a camada da atmosfera conhecida como ionosfera (COHEN, 1948).

Os curtos-circuitos em equipamentos eletrônicos ocorriam com muita freqüência até o final dos anos 1940. Esses problemas eram causados pelo surgimento de um cristal no interior dos equipamentos eletrônicos. Tais cristais apresentavam características únicas de resistência e flexibilidade. Essas descobertas levaram a um aprofundamento das pesquisas científicas para entender suas propriedades físicas e outros aspectos. Portanto, a necessidade de solucionar um problema de engenharia eletrônica acabou levando a um entendimento da ciência dos cristais (BELL, 1964).

A introdução do turbojato levou as aeronaves a atingir velocidades muito acima do que era conseguido com hélices. As grandes velocidade s alcançadas pelas aeronaves supersônicas provocavam geração de calor na superfície externa da fuselagem, o que alterava o comportamento do fluxo de ar, com importantes reflexos para a segurança do vôo. Esse fato criado pela aplicação de uma nova tecnologia de propulsão levou à necessidade de uma maior compreensão do fenômeno observado, implicando na criação da ciência da aerotermodinâmica (CONSTANT, 1980; KARMAN, 1954).

Karl Guthe Jansky (1905-1950), um engenheiro dos Laboratórios Bell, recebeu a tarefa de investigar as fontes de ruído que interferiam nas transmissões radiofônicas, a fim de melhorar a qualidade do serviço de radiotelefonia de longa distância. Tratava-se, portanto, de um claro exemplo de pesquisa aplicada. Jansky identificou três fontes de ruído: tempestades locais, tempestades distantes e uma terceira fonte que ele denominou "um chiado estático de origem desconhecida". A identificação desse "ruído estelar" marcou o início da ciência da radioastronomia (SULLIVAN, 2005).

Em 1965, Arno Penzias (1933-?) e Robert Woodrow Wilson (1936-?), também dos Laboratórios Bell, construíram um radiômetro que pretendiam utilizar para pesquisas aplicadas visando a comunicação via satélite. O instrumento deles tinha um ruído térmico excessivo de 3,5K que eles não podiam explicar, e após diversos testes Penzias se deu finalmente conta que aquele ruído nada mais era do que a radiação cósmica de fundo, que confirmava a teoria do universo inflacionário, vulgarmente conhecida como *big bang.* Por essa descoberta, os dois pesquisadores receberam o Nobel de Física em 1978 (AARONSON, 1979).

Claude Elwood Shannon (1916-2001) foi um engenheiro eletricista e matemático que procurou resolver um problema prático da telefonia, calculando a máxima capacidade de um canal de comunicações que poderia ser utilizado para transmitir informações livres de erro. A sua descoberta foi de grande relevância para o setor, pois a capacidade dos canais de comunicações é um fator fundamental no projeto de engenharia. O resultado de sua pesquisa aplicada, porém, mostrou-se

relevante em outros campos da ciência, resultando na criação da teoria da informação (SHANNON, 1948).

Clinton Joseph Davisson (1881-1958) foi um físico americano que ganhou em 1937 o Prêmio Nobel de Física pela descoberta da difração de elétrons. Davisson trabalhava nos Laboratórios Bell, onde estava desenvolvendo pesquisas aplicadas para melhorar a qualidade das válvulas – maior vida útil, maior capacidade, maior economia de projeto. Enquanto realizava sua pesquisa, Davisson percebeu que elétrons eram difratados na superfície de um cristal de níquel. Com isso, Davisson demonstrou a natureza ondulatória dos elétrons, confirmando a hipótese de Broglie. Assim, uma pesquisa aplicada levou a uma descoberta científica relevante: a natureza dual dos elétrons (MORTON, 1971).

Os laboratórios Bell desenvolveram uma grande quantidade de pesquisas sobre o polietileno, visando sua aplicação como revestimento de cabos elétricos e de comunicações. Contudo, a utilização do polietileno apresentou uma série de problemas que não haviam sido previstos, como sua tendência a oxidação em curto prazo. Isso motivou os laboratórios Bell a patrocinar pesquisa básica a fim de ampliar a compreensão das características físico-químicas dos polímeros (BELL,1969).

Assim, verifica-se que é possível fazer ciência orientada à possível aplicação do conhecimento. Isso fica claro pelos diversos exemplos históricos apresentados, nos quais a aplicação (tecnologia) precedeu o conhecimento científico: a demonstração do peso do ar atmosférico; a criação da termodinâmica; a descoberta da lei de conservação de energia; a criação da microbiologia; a descoberta das características da ionosfera; a criação da ciência dos cristais; a criação da ciência da metalurgia; o entendimento do craqueamento; a descoberta do efeito transistor; a criação da ciência da aerotermodinâmica; a criação da ciência da radioastronomia; a confirmação da teoria do *big bang*; a criação da teoria da informação; a confirmação da natureza dual dos elétrons; e a compreensão das características físico-químicas dos polímeros.

2.3.3 Modos de Orientação da C&T

Segundo Rosenberg (2006), existiriam quatro modos de se orientar a busca do conhecimento científico: o progresso tecnológico; o retorno econômico; as necessidades tecnológicas induzidas pela produção ou operação; e por meio da instrumentação. No entanto, como será mostrado, pode-se afirmar que existe uma quinta maneira de se orientar a busca do conhecimento: as necessidades de defesa.

O primeiro modo de orientar a pesquisa científica identificada por Rosenberg (2006) seria o progresso tecnológico. Rosenberg afirmou que “as preocupações tecnológicas moldam, de várias maneiras, a empresa científica”. Ele afirmou também que o conhecimento foi por muito tempo adquirido e acumulado de modo empírico e rudimentar, sem qualquer embasamento científico e que “o progresso tecnológico desempenha um papel muito importante na formulação da agenda subseqüente da ciência”, pois “a trajetória natural de certos melhoramentos tecnológicos identifica e define os limites de novos melhoramentos, o que, por seu turno, orienta o foco da pesquisa científica” (ROSENBERG, 2006). Ora, a análise prospectiva fornece um meio para se tentar antecipar quais são aqueles aludidos limites da tecnologia, a fim de se orientar adequadamente a pesquisa.

Outro modo, segundo Rosenberg (2006), de se orientar a busca do conhecimento é o potencial de retorno econômico. Ele cita como exemplo a possibilidade de retorno econômico no uso do aço no final do século XIX. Naquela ocasião, o baixo preço do aço tornou viável seu emprego em uma variedade de propósitos que não eram, anteriormente, viáveis. No entanto, tornou-se extremamente importante entender aspectos novos relacionados ao aço, tais como suas características de desempenho quando submetido a novos tipos de trações, tensões e pressões, em aplicações inteiramente novas (ROSENBERG, 2006). Nesse caso, a análise prospectiva pode ajudar a antecipar as novas aplicações de uma dada tecnologia.

A pesquisa básica pode ser orientada também pelas necessidades tecnológicas induzidas pela produção ou operação dos sistemas existentes (ROSENBERG, 2006). Roserberg cita como exemplo o setor de comunicações. A necessidade de transmitir a distâncias cada vez maiores levou ao desenvolvimento da fibra óptica. Esta, por sua vez, só foi viável pelo desenvolvimento anterior da tecnologia do laser. Estes dois avanços tecnológicos, a fibra óptica e o laser, induziram a pesquisa básica no campo da ótica, na expectativa de ampliar ainda mais as possibilidades das novas tecnologias de comunicações (Rosenberg, 2006). Aqui também a análise prospectiva pode ser empregada para antecipar as necessidades tecnológicas e orientar a pesquisa.

O quarto modo identificado por Rosenberg para orientar a pesquisa básica é por meio da instrumentação (ROSENBERG, 2006). O termo instrumentação refere-se ao desenvolvimento de técnicas de observação, de testes e medidas. Os aperfeiçoamentos da instrumentação têm reflexos significativos sobre as possibilidades de observação e medida em diversas áreas da ciência, sendo, por isso, um importante determinante do progresso científico. Ele cita, como um exemplo claro dessa afirmação, o computador, que é empregado em uma escala cada vez maior nas pesquisas científicas em praticamente todas as áreas, incluindo as ciências sociais. Da mesma forma, a análise prospectiva pode ser entendida também como um instrumento que possibilita à ciência avançar de forma coordenada rumo a um possível cenário vislumbrado.

Nesta tese, apresenta-se um quinto modo de orientar a pesquisa básica: a necessidade de defesa. A importância do setor de defesa para a evolução da ciência e da tecnologia é inegável e pode ser avaliado por meio de um breve levantamento histórico. A seguir, apresenta-se, de forma sucinta, como a necessidade de defesa contribuiu para o avanço da ciência e da tecnologia em sete países, a saber: Reino Unido, França, Israel, China, Alemanha, Estados Unidos da América e África do Sul.

O Reino Unido foi o berço da 1ª Revolução Industrial, no século XVIII. Seus cientistas destacaram-se por descobertas que revolucionaram a ciência e a

tecnologia, dentre eles, Isaac Newton, Robert Boyle e James Watt (Landes,1994). Atualmente, com vendas anuais da ordem de £17 bilhões, a indústria de defesa do Reino Unido é um dos pilares da economia daquele país. O Reino Unido é o quinto maior exportador de produtos de defesa do mundo, com cerca de 20% do mercado mundial. Seu setor de defesa emprega diretamente 350.000 pessoas em mais de 11.000 empresas de defesa, gerando 1,2 milhões de empregos indiretos. Um significativo exemplo de produto de defesa do Reino Unido, dotado de grande conteúdo tecnológico, é o submarino nuclear da classe Astute, que possui um custo unitário médio de U$ 1,5 bilhão. Tal custo se justifica, pois um submarino nuclear é um produto extremamente complexo, cujo desenvolvimento pode levar de 10 a 30 anos, envolvendo uma equipe multidisciplinar (mecânica, engenharia naval, eletrônica, engenharia nuclear, computação, dentre outras). Resta evidente que a necessidade de defesa orientou a C&T no Reino Unido e, por sua vez, a ciência e a tecnologia foram fatores fundamentais para o papel proeminente da indústria de defesa do Reino Unido (BBC, 2010).

Recentemente, o ex-presidente francês Nicolas Sarkozy afirmou que "*Il n'ya pás de liberté, Il n'ya pás d'égalité, Il n'ya pás de fraternité sans securité*" (Sarkozy, 2010). A França possui um longo histórico de P&D científico-tecnológica, podendo-se citar o cientista francês Antoine Lavoisier (química), e a cientista Marie Curie (radioatividade) (Landes, 1994). A *Delegation Generale pour l'Armement* (DGA) apóia o surgimento de programas de armamento em cooperação com outros países e contribui para o desenvolvimento da Agência Europeia de Defesa. Dentre esses programas, destacam-se: helicóptero de combate *Tiger*, mísseis terra-ar de curto alcance *Roland*/*Frole*, radar de contra-bateria COBRA, família de sistemas terra-ar do futuro (FSAF), aviões de transporte militar A400M, e sistema anti-aéreo PAAMS. Dessa forma, verifica-se que a ciência e a tecnologia tiveram um papel fundamental para que a França alcançasse uma posição de destaque mundial na fabricação de produtos de defesa (DGA, 2010).

A transformação de Israel em um produtor de sistemas de armas sofisticados ocorreu após a Guerra dos Seis Dias (1967). Em virtude de um embargo econômico, Israel iniciou o desenvolvimento de seus próprios materiais de defesa. As três maiores empresas são as estatais Israel Aircraft Industries (IAI), Israel Military Industry (IMI) e Rafael, as quais produzem diversas armas convencionais e sistemas de defesa eletrônicos avançados. As principais empresas privadas são Elbit Systems e Tadiran, focadas em produtos eletrônicos de defesa. Atualmente, há cerca de 150 empresas de defesa em Israel, empregando mais de 50.000 pessoas, com um faturamento anual aproximado de U$ 3,5 bilhões. Assim, verifica-se que o esforço em C&T após a Guerra dos Seis Dias levou Israel a se tornar um dos maiores fabricantes de produtos de defesa no mundo (GAT, 1991).

De 1949 a 1965 a China recebeu forte assistência militar da Ex-União Soviética. Nesse período, foram criados 38 Institutos de P&D de defesa, empregando cerca de 80.000 pesquisadores. Em 1977, foi criada a Comissão de Ciência, Tecnologia e Equipamento. Em 1982 foi criada a Comissão Estatal de Ciência, Tecnologia e Indústria para a Defesa Nacional (NDSTIC), no intuito de unificar os esforços de P&D. Em 1987, a China adotou uma nova divisão de esforços para a P&D de defesa, a saber: pesquisa de equipamentos militares, pesquisa básica e aplicada, e serviços tecnológicos não-identificados. Atualmente, o NDSTIC coordena as atividades de P&D de interesse da defesa. Dessa forma, pode-se afirmar que a P&D de interesse da defesa contribuiu fortemente para que a China se transformasse em um grande fabricante de produtos de defesa (GAT,1991).

A humanidade deve algumas de suas mais fantásticas realizações a cientistas alemães. Para citar apenas dois, Albert Einstein, formulador da teoria da relatividade, suas descobertas possibilitaram o domínio da energia nuclear. Wernher Von Braun, suas pesquisas no campo dos mísseis e foguetes levaram o homem à lua. Atualmente, a Alemanha é o terceiro maior exportador de produtos de defesa do mundo, com U$ 2,5 bilhões em vendas. Dentre suas empresas de defesa, destacam-se a Rheinmetal (sistemas de armas) e a Rohde & Schwarz (guerra

eletrônica e comunicações). Assim, a Alemanha destaca-se no setor de defesa graças ao brilhantismo de seus cientistas e engenheiros (GAT, 1991).

A importância dos Estados Unidos da América para a Ciência, Tecnologia e Inovação é incontestável. A América produziu algumas das mais relevantes inovações da história, a partir de cientistas e inventores brilhantes, dentre os quais destacam-se: Thomas Edson, considerado o maior inventor de todos os tempos; Graham Bell, o inventor do telefone; e os irmãos Wright, inventores do avião (paralelamente a Santos Dumont). Atualmente, os EUA são o maior produtor e exportador de produtos de defesa do mundo, com um faturamento anual de cerca de U$ 6,8 bilhões em exportações (GAT, 1991).

Em 1963, em conseqüência da política racista do *apartheid*, a ONU decretou um embargo nas exportações de produtos de defesa para a África do Sul, o que levou o Estado sul-africano a estabelecer o Ato de Produção e Desenvolvimento de Armamentos, criando uma unidade de produção estatal, a Corporação de Produção e Desenvolvimento de Armamento (ARMSCOR). Em meados da década de 1970, a ARMSCOR assumiu o controle sobre a maioria da pesquisa e desenvolvimento de interesse da defesa. Atualmente, a África do Sul produz uma grande variedade de armamentos avançados, com destaque para o helicóptero de ataque Rooivalk e o míssil ar-ar A-Darter. Assim, verifica-se que o esforço em P&D no setor de defesa da África do Sul, orientado pelo Estado, levou esse país a destacar-se dentre as nações emergentes como um grande fabricante de produtos de defesa (GAT, 1991).

Fica claro, portanto, que a necessidade de defesa é uma das formas de se orientar a pesquisa científica. De fato, os exemplos fornecidos demonstram essa afirmação: o papel proeminente da indústria de defesa do Reino Unido; a posição de destaque mundial da França na fabricação de produtos de defesa; a posição de Israel e da China como um dos maiores fabricantes de produtos de defesa no mundo; a Alemanha destaca-se no setor de defesa graças ao brilhantismo de seus cientistas e engenheiros; os EUA são o maior produtor e exportador de produtos de defesa do mundo; e, finalmente, a África do Sul destaca-se dentre as nações emergentes como um grande fabricante de produtos de defesa.

2.3.4 Papel do Estado no Desenvolvimento em C&T

Um ponto que deve ser destacado no histórico de todos os países que foram apresentados na subseção anterior é que, em todos eles, sem exceção, a ciência e a tecnologia foram orientadas pelo Estado. Neste tópico, pretende-se mostrar que o Estado tem um papel proeminente no desenvolvimento científico e tecnológico de um país, por meio de políticas que definem objetivos a ser atingidos, e estratégias, que definem como atingir aqueles objetivos. A seguir, serão apresentados três exemplos dessa afirmação: Alemanha, Estados Unidos e Brasil

Um dos mais notáveis exemplos da história em que o Estado teve um papel central no desenvolvimento científico e tecnológico de um país foi na Alemanha, principalmente entre 1933 e 1945. Pode-se dividir a ação do Estado alemão no campo científico-tecnológico em dois momentos: de 1933 a 1939, a preparação para a guerra; e de 1939 a 1945, a condução da guerra (LANDES, 1994).

No primeiro momento – a preparação para a guerra (1933 a 1939) – como uma das estratégias traçadas para alcançar o aludido objetivo político, o Estado deveria obter a autossuficiência em recursos necessários para a campanha militar, tais como combustíveis, borracha e tecidos. Dessa forma, foi priorizada a pesquisa e o desenvolvimento de substitutos inovadores para diversos produtos e processos, por exemplo: a gasolina sintética, obtida a partir da hidrogenação da linhita; o óleo diesel pelo processo de carbonização a baixa temperatura; a fibra de lã sintética; a celulose a partir da madeira, palha e outros produtos orgânicos naturais; novas aplicações para os metais leves, como o alumínio; novas ligas metálicas; a substituição do ferro e do aço por vidro e plásticos; o processamento de minérios de baixa qualidade; o uso de oxigênio em altos-fornos. Além disso, foi feito um grande esforço de reorganização industrial, com o emprego ampliado da linha de montagem e com a ampliação da padronização dos produtos. Dessa forma, pode-se afirmar que o esforço do Estado alemão, no sentido de se preparar para a guerra, moldou a direção do avanço tecnológico entre 1933 e 1939 (LANDES, 1994).

No segundo momento – a condução da guerra (1939 a 1945) – o esforço do Estado no campo científico-tecnológico foi dirigido principalmente para a busca de aperfeiçoamentos nos produtos de defesa, bem como no desenvolvimento de produtos de defesa inovadores. A aviação teve um notável avanço, com destaque para o desenvolvimento do motor a jato, utilizado pela primeira vez em uma aeronave de combate, o caça *Messerschmitt* Me-262. Outra inovação tecnológica foi o foguete V2, que possibilitou, após a guerra, o desenvolvimento da exploração espacial. O chefe do projeto do V-2, o engenheiro Wernher Von Braun, após a guerra emigrou para os Estados Unidos e foi chefe do programa espacial americano, até a chegada do homem à lua, em 1969. Assim, pode-se afirmar que o esforço do Estado alemão, no sentido de conduzir a guerra, direcionou o avanço tecnológico entre 1939 e 1945 (LANDES, 1994).

Outro exemplo histórico relevante que demonstra o papel proeminente do Estado no desenvolvimento científico e tecnológico de um país é o caso dos Estados Unidos da América. Num primeiro momento (1914-1939), o Estado norte-americano não possuía uma política de C&T organizada. A orientação da ciência era realizada por demanda, isto é, à medida que as forças armadas necessitavam de algum tipo de material novo, ou identificavam alguma necessidade em termos de conhecimentos, o Estado providenciava para identificar e convocar o cientista com as qualificações adequadas para realizar a pesquisa requerida (MOWERY, 2005). Em 1915, o Estado fundou o Comitê Consultivo Nacional Sobre Aeronáutica (NACA), o qual, posteriormente, deu origem à Agência Espacial norte-americana, NASA, significando um importante avanço no direcionamento da pesquisa científica naquele país.

Durante a Segunda Guerra Mundial (1939-1945), o Estado norte-americano financiou e gerenciou alguns dos mais bem-sucedidos esforços de P&D da história. O sucesso do projeto Manhattan (desenvolvimento da bomba atômica) deu origem a um complexo de pesquisa e de produção de materiais de defesa que introduziu a era da chamada *Big Science*. *Big Science* é um termo usado para descrever uma série de mudanças, ocorridas principalmente nas nações industrializadas durante e após a Segunda Guerra Mundial, na forma de se fazer ciência, significando que o

progresso científico cada vez mais passou a depender de projetos de grande escala, geralmente financiados pelo Estado. Assim, o sucesso do projeto Manhattan foi um importante fato que impulsionou a ciência e a tecnologia nos Estados Unidos da América (LANDES, 1994).

Após a Segunda Guerra Mundial, com o sucesso do projeto Manhattan, a importância do estabelecimento de uma pesquisa científica forte tornou-se evidente. Assim, em 1945, Vannevar Bush (1890-1974) estabeleceu de forma categórica a separação entre pesquisa científica e pesquisa aplicada. Em seu famoso relatório "*Science, The Endless Frontier*", feito a pedido do presidente daquele país, Bush considerava que a pesquisa básica era importante para a sobrevivência nacional por razões militares e comerciais, exigindo apoio governamental para a ciência e a tecnologia. Para ele, a superioridade técnica poderia ser um impedimento para uma futura agressão inimiga. Em julho de 1945, em seu aludido relatório ao presidente Roosevelt, Bush escreveu que a pesquisa básica era "o marca-passo do progresso tecnológico" e que "novos produtos e novos processos [inovações] não aparecem do nada. Eles se baseiam em novos princípios e novas concepções, que por sua vez são cuidadosamente desenvolvidos pela pesquisa nos domínios da ciência pura!" (BUSH, 2010). Dessa forma, o relatório de Vannevar Bush significou um marco na definição de políticas de Estado para a ciência, a tecnologia e a inovação, ao mesmo tempo em que disseminou a crença na primazia da pesquisa científica dentro do ciclo da inovação.

No Brasil, também se pode citar exemplos em que o Estado teve um papel proeminente em apontar caminhos no campo científico-tecnológico que levaram a resultados significativos para o país. A seguir, apresenta-se um breve resumo desses exemplos.

Em 7 de dezembro de 1972, o então presidente da República, Emílio Garrastazu Médici, sancionou a Lei nº 5.881, que autorizava o Poder Executivo a instituir empresa pública, sob a denominação de Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), vinculada ao Ministério da Agricultura. A partir de então, a EMBRAPA passou a conduzir pesquisa científica e tecnológica estratégica,

visando aumentar a capacidade produtiva do setor. Atualmente o Brasil é autossuficiente em alimentos e é um dos maiores exportadores de produtos agrícolas do mundo (EMBRAPA, 2010).

Em 1968 foi criado o Centro de Pesquisas da Petrobrás (CENPES). As tecnologias desenvolvidas no CENPES resultaram em 950 pedidos de patentes internacionais e 500 patentes nacionais. Atualmente, a cada ano, o trabalho dos pesquisadores do Centro – 22% dos quais com graus de mestre e de doutor – tem resultado em, pelo menos, 50 patentes no Brasil e dez nos Estados Unidos. Cerca de 500 novos projetos de pesquisa e desenvolvimento estão em andamento. Atualmente o Brasil é autossuficiente em petróleo e caminha para tornar-se exportador desse produto (CENPES, 2010).

O Pró-Álcool ou Programa Nacional do Álcool, criado pelo presidente Ernesto Geisel em 14 de novembro de 1975 pelo decreto n° 76.593, foi um programa de substituição em larga escala dos combustíveis veiculares derivados de petróleo por álcool, financiado pelo Estado Brasileiro a partir de 1975, devido à crise do petróleo em 1973, agravada depois da crise de 1979. Além disso, o Brasil desenvolve pesquisas sobre biodiesel há quase meio século e foi um dos pioneiros ao registrar a primeira patente sobre o processo de produção desse combustível, em 1980. Atualmente o Brasil é líder mundial na utilização dos combustíveis renováveis (BIODIESELBR, 2010).

A Embraer, criada pelo presidente Emílio Garrastazu Médici em 19 de agosto de 1969 pelo Decreto-Lei nº 770, nasceu como uma iniciativa do Estado Brasileiro dentro de um projeto estratégico para implementar a indústria aeronáutica no país, em um contexto de políticas de substituição de importações. Seu primeiro presidente foi o engenheiro e coronel Ozires Silva, que havia liderado o desenvolvimento do avião Bandeirante. Inicialmente, a maior parte de seu quadro de pessoal formou-se pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) do Centro Técnico Aeroespacial (CTA). De certa maneira, pode-se afirmar que a Embraer nasceu dentro do CTA. Atualmente o Brasil é o terceiro maior fabricante de aviões do mundo (EMBRAER, 2010).

Nas décadas de 60 e 70, o país firmou acordos com EUA, França e Alemanha para obtenção de tecnologia nuclear. Entre 1979 e 1983 foram concedidas 700 bolsas para cientistas brasileiros estudarem na França, nos Estados Unidos, na Inglaterra, na Alemanha e na Argentina. Os estudantes eram civis e militares. Desse grupo, retornaram ao Brasil 55 doutores, 396 mestres e 252 especialistas em áreas como segurança de reatores, materiais nucleares, ampliação de técnicas nucleares, infra-estrutura de pesquisa e desenvolvimento, além de recursos humanos. Atualmente o Brasil é um dos dez países do mundo que dominam a tecnologia de enriquecimento do urânio (INB, 2010).

O efetivo desenvolvimento das telecomunicações no Brasil teve início com os governos militares. O Ministério das Comunicações criado no governo Castelo Branco, em 1967, abarcou os serviços e concessões de todas as telecomunicações e correios. A EMBRATEL, criada em 1965, tinha como objetivo principal a integração nacional através do sistema de Discagem Direta a Distância (DDD). A TELEBRÁS, criada no governo Médici em 1972, propiciou um substancial desenvolvimento do setor com o investimento de dez bilhões de dólares. Em 1974 foi inaugurado o sistema internacional de discagem direta (DDI). Atualmente, o Brasil atingiu um patamar de vanguarda na área de telecomunicações e o Exército Brasileiro possui uma das maiores redes de telemática do país, a “EBNet” (TRINDADE & TRINDADE, 2010; FREITAS, 2006; e FREITAS & OLIVEIRA, 2008).

Fica claramente demonstrado que o Estado tem um papel fundamental no apoio do desenvolvimento científico e tecnológico, a partir de políticas e estratégias, conforme foi verificado nos exemplos acima, a saber: o esforço do Estado alemão, no sentido de se preparar e conduzir a guerra, o qual moldou a direção do avanço tecnológico na Alemanha entre 1933 e 1945; a fundação do NACA e da NASA pelo Estado norte-americano; o sucesso do projeto Manhattan; o relatório de Vannevar Bush; a criação da EMBRAPA; a criação do CENPES; o Programa Nacional do Álcool e o programa do Biodiesel; a criação da EMBRAER; o programa nuclear brasileiro; e o desenvolvimento das telecomunicações no Brasil.

2.3.5 Modelos de Política de C&T

O modelo de política científica e tecnológica que emergiu do relatório de Vannevar Bush de 1945 (*Science, the Endless Frontier*) foi o modelo linear, segundo o qual a inovação somente poderia ser obtida por meio de investimentos em ciência básica pura, ou seja, aquela que é feita e orientada exclusivamente pela curiosidade do cientista. Tal modelo baseava-se na máxima de Bush de que “os progressos na ciência fundamental alimentariam os futuros avanços tecnológicos do país”. Uma vez descoberto um novo fenômeno, ou alcançado a compreensão de algum fenômeno conhecido, o passo seguinte seria verificar as possibilidades de aplicação para o novo conhecimento científico. Assim, esforços seriam feitos para viabilizar uma nova tecnologia baseada no conhecimento científico. Após dominada a nova tecnologia, o passo seguinte seria desenvolver algum produto útil para a sociedade, com base na aludida tecnologia. Finalmente, o produto assim desenvolvido seria lançado no mercado, tornando-se uma inovação. Portanto, tal modelo de política acreditava que o investimento em ciência pura era a única esperança de se obter as inovações tecnológicas que deveriam satisfazer as necessidades da sociedade. Além disso, os formuladores de política de C&T acreditavam que a pesquisa científica pura deveria ser custeada pelo Estado, por ser um “bem público”, enquanto que a pesquisa aplicada deveria estar a cargo do setor privado, por estarem mais próximas do mercado (STOKES, 2005). A Figura 9 ilustra o modelo linear de política de C&T.

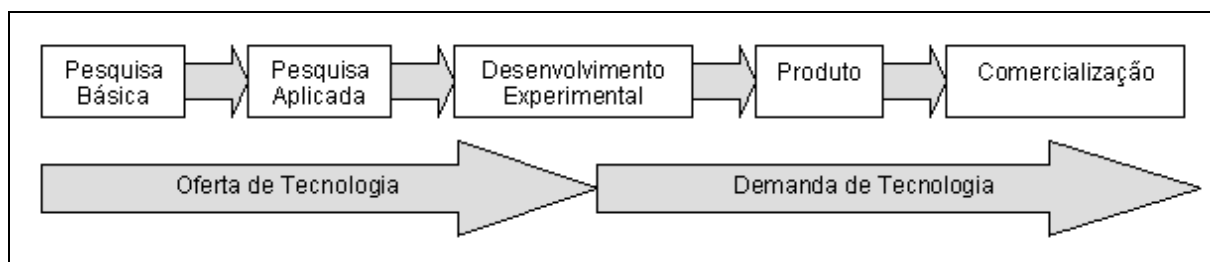



Figura 9: modelo linear de política de C&T

Fonte: Viotti (2003)

Tal modelo vigorou com uma certa força até meados da década de 1980. A partir da década de 1990, contudo, verificou-se que o modelo linear de política de

C&T já não mais representava a realidade do processo de inovação. De fato, constatou-se que o Japão alcançou um impressionante sucesso em seu desenvolvimento graças a sua capacidade de adquirir e aperfeiçoar a tecnologia obtida do resto do mundo, a partir do fim da 2ª Guerra Mundial, mesmo sem possuir a capacidade de gerar conhecimento científico autóctone (STOKES, 2005).

De forma similar, os Estados Unidos da América, nas primeiras décadas do século XX, ainda estavam atrasados em seu desenvolvimento científico, mas conseguiu absorver tecnologia européia, o que o levou a tornar-se líder mundial em tecnologia industrial (Stokes, 2005). Além disso, foram realizadas pesquisas que apontaram que a sociedade esperava que a ciência solucionasse os seus problemas. Assim, tais pesquisas deixaram claro que a sociedade entendia a ciência muito mais como uma atividade instrumental do que como um ideal platônico de investigação. Desse modo, emergiu um novo modelo de política de C&T que prioriza o investimento do Estado em pesquisa básica inspirada pelo uso. No entanto, mesmo nesse novo modelo, não está descartado o investimento estatal em pesquisa científica pura. O argumento para manter esse tipo de investimento é a necessidade de o país se manter preparado para absorver novas descobertas científicas e tecnológicas que aconteçam em outros lugares do mundo (STOKES, 2005). Contudo, mesmo ao investir em pesquisa científica pura, é necessário definir as prioridades de investimento em face da grande variedade de áreas da ciência. Nesse caso, o novo modelo de política de C&T procura priorizar o investimento em pesquisa científica pura naquelas áreas em que o curso da pesquisa passa pelo atendimento das necessidades da sociedade.

Surge, portanto, um novo questionamento: como definir as prioridades de investimento em pesquisa científica? Essa questão começou a ser considerada com mais seriedade quando alguns países da OCDE[3] passaram a ter um interesse mais profundo no que eles denominaram “pesquisa estratégica”. Tal pesquisa estratégica seria aquela que canalizaria de maneira mais efetiva a capacidade de pesquisa do país em direção às necessidades insatisfeitas da sociedade. Ou seja, a pesquisa estratégica é sinônimo de pesquisa orientada pelo uso. Dessa forma, os países da

OCDE passaram a buscar formas de “previsão da pesquisa”, ou dito de outra forma, análise prospectiva em C&T (STOKES, 2005).

Por exemplo, o Japão desenvolveu um processo de análise prospectiva que orienta seus investimentos em pesquisa e desenvolvimento (MARTIN, 1989). Os japoneses periodicamente realizam revisões dos cenários e previsões científicas e tecnológicas. Eles trabalham com o conceito de “sementes” de pesquisa e “necessidades sociais”. As sementes de pesquisa seriam os indícios, ou “fatos portadores de futuro”, que trariam em seu bojo um forte potencial de aplicação para suprir as “necessidades sociais”. Para tanto, utilizam uma gama de ferramentas e metodologias, como redes de informantes, levantamentos de campo, Método Delphi, seminários com especialistas e estudos especializados feitos por institutos de pesquisa (STOKES, 2005). O resultado desse trabalho é consubstanciado em cenários tecnológicos que apresentam as promessas de pesquisa em várias áreas da ciência, as exigências da economia e as necessidades gerais da sociedade. Em face desses cenários, o Estado japonês define as prioridades de investimento em C&T. Dessa forma, fica claro que o Japão utiliza a análise prospectiva como ferramenta para a definição de políticas de C&T.

Dentre os países emergentes, a Coréia do Sul destacou-se por ter desenvolvido uma política científica e tecnológica bem sucedida, que possibilitou transformar aquele país, de uma economia agrária, em uma potência industrial tecnologicamente avançada, em apenas 30 anos. O modelo de política de C&T adotado pela Coréia possuiu duas fases distintas: as fases da “imitação” e da “inovação” (KIM, 2005).

Na fase da imitação, de 1960 a 1979, o Estado coreano focou o esforço científico-tecnológico na imitação de produtos estrangeiros com pouco conteúdo tecnológico, com ênfase na Engenharia Reversa. Para tanto, restringiu os Investimentos Estrangeiros Diretos (IED) e os Licenciamentos de Tecnologia Estrangeira (LTE). Isso obrigou as empresas coreanas nascentes a importar bens de capital e aprender a fabricar produtos similares aos importados. Além disso, foi

iniciado o desenvolvimento de uma infra-estrutura científico-tecnológica, baseada na criação de institutos de pesquisa governamentais, como o Instituto de Ciência e Tecnologia da Coréia (ICTC), e Parques Tecnológicos, como o Parque Científico de Seul e o Pólo Científico de Taedok (KIM, 2005).

Na fase da inovação, de 1980 até os dias de hoje, a Coréia buscou dominar a fabricação de produtos intensivos em tecnologia. Para tanto, o Estado coreano fez uso de dois mecanismos principais: investimentos diretos em P&D e pacotes de incentivos diretos. Os investimentos diretos em P&D caracterizaram-se pela promoção da pesquisa em universidades, com a criação de catorze Centros de Pesquisas Científicas e dezesseis Centros de Pesquisa em Engenharia nas universidades do país. Além disso, estabeleceu três projetos importantes: o Projeto de Desenvolvimento de Tecnologia Industrial Genérica (PDTIG); o Projeto Nacional de P&D; e o Projeto de Atividades Nacionais de P&D Altamente Avançadas.

Para orientar os aludidos projetos, o Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) realiza exercícios de análise prospectiva, nos quais identifica as áreas prioritárias para a P&D, por exemplo: nacionalização da fabricação de peças e componentes; desenvolvimento de novos materiais; tecnologias de conservação de energia; biotecnologia; combustíveis nucleares; supercomputação; e semicondutores, dentre outras áreas (KIM, 2005).

Dessa forma, resta evidente que o modelo linear de inovação, consagrado por Vannevar Bush, não representa mais a realidade do processo de inovação. Em contraste, o modelo que prioriza o investimento em ciência nas áreas de maior probabilidade de aplicação parece atender melhor as necessidades atuais da sociedade. Os países da OCDE, com destaque para o Japão e a Coréia do Sul, já realizam a análise prospectiva como forma de definir as áreas que deverão ser priorizadas para a P&D.

2.4 Conclusão Parcial

Como resultado do que foi mostrado no desenvolvimento do capítulo, pode-se concluir de forma parcial que a pesquisa científica, quando convenientemente orientada pelo Estado, por meio de políticas de C&T elaboradas com base em uma metodologia de análise prospectiva, aumenta a probabilidade de se obter inovações tecnológicas no setor de defesa.

Verificou-se que a análise prospectiva deve ser entendida como antevisão de futuro, que a inovação é um conceito eminentemente econômico e que inovação é a exploração bem sucedida de uma nova idéia. Além disso, com relação à análise prospectiva,as organizações que forem mais eficientes em antecipar as inovações terão mais chance de sucesso; por meio da análise prospectiva se podem definir as tecnologias mais vantajosas para investimento em P&D; a análise prospectiva permite detectar o surgimento de novos concorrentes; a análise prospectiva possibilita prever a ocorrência de ciclos econômicos futuros; pode apoiar a tomada de decisão; favorece fortemente as rotinas de decisão estratégica; favorece a busca do conhecimento; reduz a incerteza sobre o futuro; e procura apontar a evolução dos acontecimentos, por meio da previsão tecnológica.

Foi demonstrado que, do ponto de vista filosófico, é perfeitamente possível se fazer ciência tendo em vista a potencial aplicação do conhecimento que se está buscando. De fato, ainda na Idade Média, Roger Bacon (1214-1292) sugeriu que a base factual do conhecimento poderia ser aumentada por meio da experimentação ativa. Francis Bacon já considerava que a ciência deveria ser feita tendo em vista sua aplicação prática. Da mesma forma, Donald Stokes demonstrou que se pode fazer ciência “inspirada” pelo uso.

Mostrou-se, por meio de exemplos históricos, que é possível fazer ciência de maneira orientada à possível aplicação do conhecimento. Isso ficou claro pelos diversos fatos apresentados nos quais a aplicação (tecnologia) precedeu o conhecimento científico: a demonstração do peso do ar atmosférico; a criação da termodinâmica; a descoberta da lei de conservação de energia; a criação da

microbiologia; a descoberta das características da ionosfera; a criação da ciência dos cristais; a criação da ciência da metalurgia; o entendimento do craqueamento; a descoberta do efeito transistor; a criação da ciência da aerotermodinâmica; a criação da ciência da radioastronomia; a confirmação da teoria do big bang; a criação da teoria da informação; a confirmação da natureza dual dos elétrons; e a compreensão das características físico-químicas dos polímeros.

Demonstrou-se que a necessidade de defesa é uma das formas de se orientar a pesquisa científica. De fato, os exemplos fornecidos demonstraram essa afirmação: o papel proeminente da indústria de defesa do Reino Unido; a posição de destaque mundial da França na fabricação de produtos de defesa; a posição de Israel e da China como dois dos maiores fabricantes de produtos de defesa no mundo; o destaque da Alemanha no setor de defesa graças ao brilhantismo de seus cientistas e engenheiros; a liderança dos EUA como o maior produtor e exportador de produtos de defesa do mundo; e, finalmente, a África do Sul destaca-se dente as nações emergentes como um grande fabricante de produtos de defesa. Verificou-se que o Estado tem um papel fundamental no apoio ao desenvolvimento científico e tecnológico, a partir de políticas e estratégias, por meio dos exemplos de Alemanha, Estados Unidos da América e Brasil, a saber: o esforço do Estado alemão, no sentido de se preparar e conduzir a guerra, o qual moldou a direção do avanço tecnológico na Alemanha entre 1933 e 1945; a fundação do NACA e da NASA pelo Estado norte-americano; o sucesso do projeto Manhattan; o relatório de Vannevar Bush; a criação da EMBRAPA; a criação do CENPES; o Programa Nacional do Álcool e o programa do Biodiesel; a criação da EMBRAER; o programa nuclear brasileiro; e o desenvolvimento das telecomunicações no Brasil.

Finalmente, mostrou-se que o modelo linear de inovação, consagrado por Vannevar Bush, não representa mais a realidade do processo de inovação. Em contraste, o modelo que prioriza o investimento em pesquisa, nas áreas de maior probabilidade de aplicação, parece atender melhor as necessidades atuais da sociedade. Os países da OCDE, com destaque para o Japão e a Coréia do Sul, já realizam a análise prospectiva como forma de definir as áreas que deverão ser priorizadas para a P&D.

3 METODOLOGIA DE PESQUISA

Neste capítulo, será apresentada a metodologia de pesquisa que norteou a presente tese de doutorado. Será apresentada uma visão geral da metodologia, seguida por um detalhamento de suas várias fases. Cabe ressaltar que não se deve confundir a metodologia de pesquisa, que será apresentada neste capítulo, com a metodologia de análise prospectiva que foi desenvolvida ao longo do trabalho, a qual será apresentada mais adiante no capítulo 6.

3.1 Visão geral

A metodologia de pesquisa foi desenhada, basicamente, em duas grandes fases, conforme mostrado na Figura 10: fase teórica, definição de uma metodologia de análise prospectiva para o setor de defesa; e fase empírica, aplicação da metodologia de análise prospectiva a fim de obter os cenários do setor de defesa no Brasil.

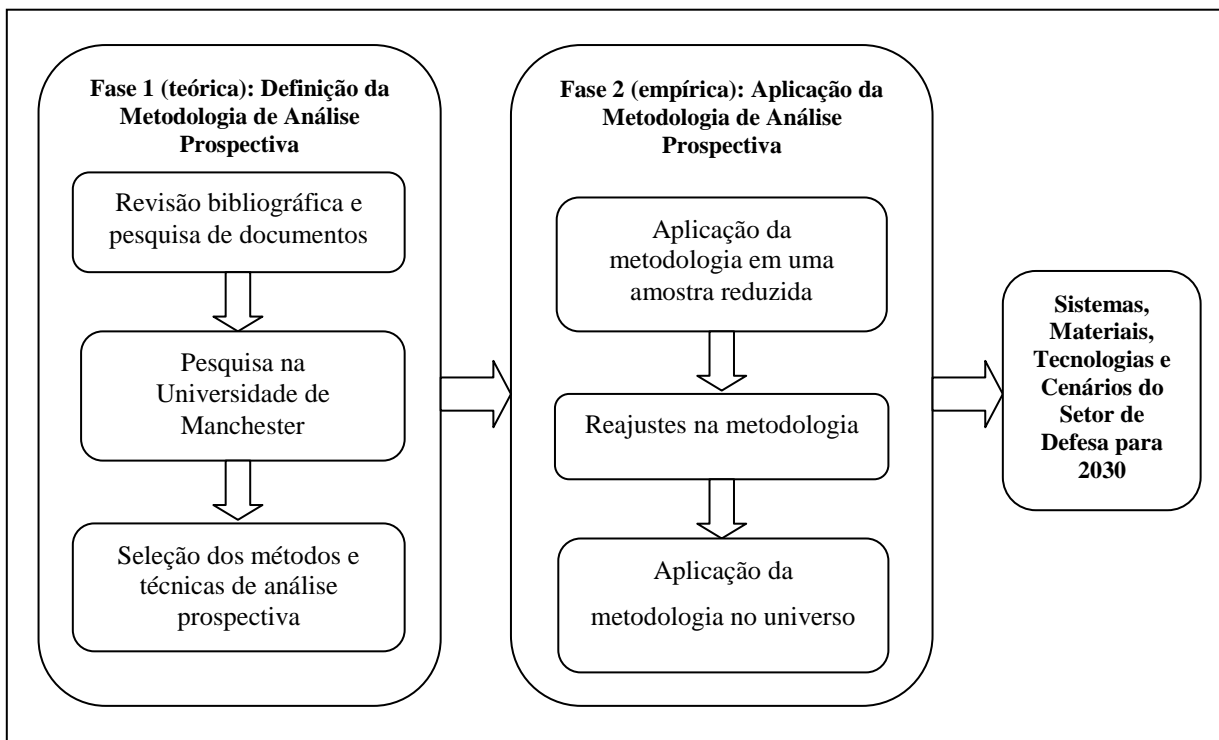



Figura 10: visão geral da metodologia de pesquisa

3.2 Fase 1: Definição da Metodologia de Análise Prospectiva

A fase teórica, ou seja, a definição de uma metodologia de análise prospectiva, realizou-se nas seguintes etapas:

1) revisão bibliográfica referente à análise prospectiva, incluindo livros, artigos, monografias e teses de doutorado nacionais e internacionais sobre o assunto;

2) visita de estudos à Universidade de Manchester, Inglaterra, com o objetivo de conhecer como aquele país realiza análise prospectiva, bem como estudar este tema com professores daquela instituição; e

3) definição da metodologia de análise prospectiva com base nos estudos teóricos realizados.

3.2.1 Revisão Bibliográfica

A revisão bibliográfica consistiu basicamente nas seguintes etapas:

1) revisão das fontes sobre estudos do futuro, os métodos de análise prospectiva;

2) estudo e comparação dos processos de análise prospectiva no setor de defesa de seis destacados países nesse campo, a saber: Holanda, Reino Unido, França, Estados Unidos da América, Espanha e África do Sul; e

3) estudo do setor de defesa no Brasil.

A revisão das fontes sobre estudos do futuro visou principalmente conhecer o que já foi pesquisado até o momento sobre o tema, de uma forma geral. Foi dada uma atenção especial aos métodos de análise prospectiva. O estudo e comparação dos processos de análise prospectiva no setor de defesa já realizados em países destacados visou conhecer o que já foi feito nesse campo, a fim de extrair conclusões sobre a metodologia que seria desenvolvida. Finalmente, o estudo do setor de defesa no Brasil visou conhecer de forma abrangente o setor, a fim de conhecer as suas características e particularidades, principalmente no que tange à

inovação. Este entendimento do setor de defesa brasileiro foi de fundamental importância para a definição dos temas que foram trabalhados posteriormente na pesquisa de campo.

3.2.2 Pesquisa na Universidade de Manchester

A Universidade de Manchester possui um Instituto de Pesquisa em Inovação (Manchester Institute of Innovation Research – MIoIR). O Instituto conta com cerca de 50 docentes em nível PhD realizando pesquisa na área de gestão da inovação. O MIoIR é atualmente o maior centro europeu de pesquisa em inovação e um dos mais importantes do mundo nessa área. As atividades desenvolvidas no Instituto foram as seguintes:

1) Seminários/palestras:
    - O fator qualidade no sistema de patentes
    - Capacidades e natureza da firma moderna
    - Desenvolvimento de negócios de alta tecnologia
    - Política de inovação
    - Ambiente empreendedor acadêmico
    - Colaboração em pesquisa internacional
    - Política de contratações públicas para inovação
    - Avaliação de pesquisa
    - Projeto de unidades de pesquisa e inovação
    - Agências de financiamento européias
    - Dinâmica do conhecimento da pesquisa
    - Sistema de inovação espanhol
    - Dinâmica de sistemas regionais de inovação
    - Sustentabilidade de marca de produtos
    - Redes regionais de inovação na Espanha
    - Sistemas de inovação tecnológica
    - Políticas de inovação em países de industrialização tardia
    - Políticas de cooperação internacional em P&D
    - Difusão do conhecimento e inovações

- Avaliação da prospecção
- Alianças estratégicas
- Sistemas públicos de ciência e inovação
- Desafios em políticas de sustentabilidade

2) cursos de curta duração:
    - Técnicas de prospecção – 5 dias
    - Política de Ciência Tecnologia e Inovação – 5 dias
3) Participação em Congresso
    - Projeto “I-Know” de pesquisa em prospecção - Bruxelas
4) Visita ao Museu da Ciência e Indústria de Manchester, berço da Revolução Industrial.

Por fim, o principal produto da visita ao MIoIR foi a elaboração de um estudo comparativo dos processos de análise prospectiva no setor de defesa de seis países, a saber: Reino Unido, França, Estado Unidos da América, Holanda, Espanha e África do Sul. O resultado desse estudo é apresentado no capítulo 4.

3.2.3 Seleção dos métodos e técnicas de análise prospectiva

Fruto do levantamento realizado, da análise e comparação das diversas metodologias de análise prospectiva em defesa, empregadas nos seis países estudados, foram selecionados os métodos e técnicas de Análise Prospectiva julgados mais adequados para o setor de defesa, um dos objetivos da pesquisa. Por exemplo, para a antecipação de sistemas e materiais de defesa, optou-se pelo método “Brainstorming online” (JUNGK e MÜLLERT, 1987). Para a antecipação das tecnologias de defesa optou-se pelo método de Tecnologias Críticas (CSIRO, 1991; BIMBER and POPPER, 1994; DURAND, 2003; KEENAN, 2003; WAGNER e POPPER, 2003; SOKOLOV, 2006). Para a antecipação dos cenários da industria de defesa optou-se por empregar o método de Cenários Quatificados apoiados por Análise Morfológica (GODET, 2008.). Para a obtenção de dados, foi utilizada a consulta à sociedade e o método Delphi. No entanto, como será visto no capítulo 6, foram realizadas melhorias nos métodos citados.

3.3 Fase 2: Aplicação da Metodologia de Análise Prospectiva

A fase empírica da pesquisa aplicou a metodologia de análise prospectiva definida na na fase anterior a fim de:

1) levantar os materiais/sistemas de emprego militar necessários ao EB 2030;

2) levantar as tecnologias necessárias para a obtenção daqueles materiais/sistemas; e

3) desenvolver os cenários para o setor de defesa no Brasil, no horizonte temporal de 2030.

A fase empírica se deu em três etapas, a saber:

1) aplicação da metodologia em uma amostra reduzida;

2) reajustes na metodologia; e

3) aplicação da metodologia no universo amplo.

Esta fase empírica envolveu um trabalho de campo, com a consulta a especialistas, principalmente por meio de pesquisa via web (Internet). A pesquisa foi tanto qualitativa quanto quantitativa.

Na primeira etapa da fase empírica, realizou-se uma pesquisa-piloto, com uma amostra reduzida do universo a ser pesquisado, porém procurando, nessa amostra, abranger todos os segmentos do universo. O objetivo foi verificar se a metodologia proposta era consistente a fim de fazer eventuais reajustes.

Na segunda etapa, foram analisados os resultados da primeira pesquisa e foram feitos os reajustes necessários na metodologia.

Na terceira etapa, após os reajustes devidos, foi realizada novamente a pesquisa abrangendo um universo mais amplo, com o objetivo de levantar os cenários do setor de defesa para 2030. Assim, a metodologia de pesquisa se desenvolveu de acordo com o diagrama da Figura 11.

Contudo, é importante ressaltar que a aplicação da metodologia de análise prospectiva (fase 2) envolveu a definição de diversos parâmetros e variáveis, o que é exemplificado na figura 11.

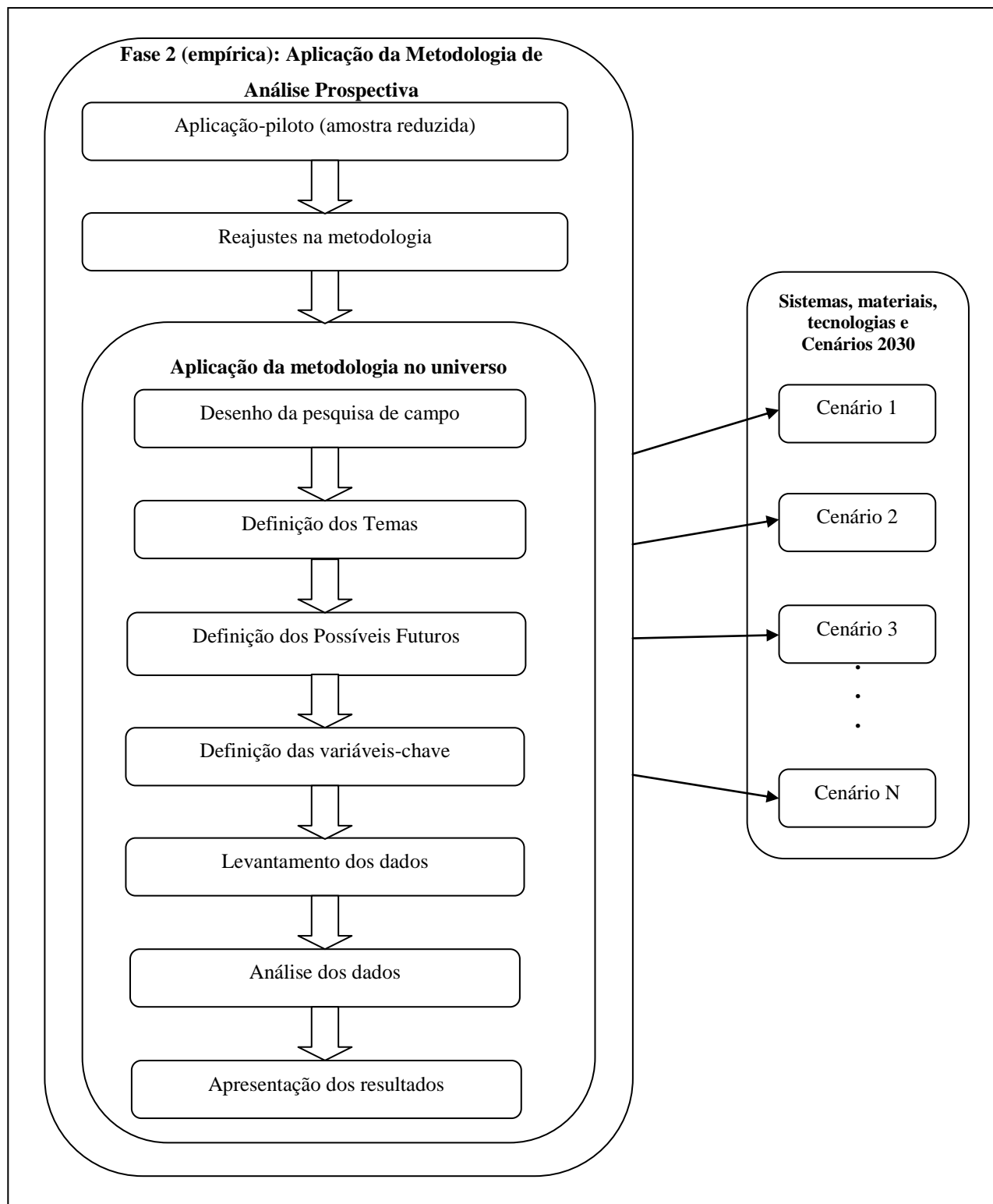



Figura 11: detalhamento da 2ª fase da metodologia de pesquisa

3.3.1 Desenho da pesquisa de campo

A fase de aplicação da metodologia de análise prospectiva foi realizada essencialmente por meio de uma pesquisa de campo, via web (Internet). Para tanto, a pesquisa de campo foi estruturada em três grandes eixos, a saber:

1) sistemas e materiais de emprego militar;
2) tecnologias; e
3) indústria de defesa.

Os resultados da pesquisa de campo são apresentados no capítulo 6.

3.3.2 Definição dos Temas

O terceiro eixo da pesquisa de campo, indústria de defesa, necessitou de definição de alguns temas a serem estudados. Os temas foram definidos com base no estudo do setor de Defesa, apresentado no capítulo 5, principalmente por meio de um trabalho de pesquisa documental, do tipo "*desk-work*". Os principais documentos que serviram de base para a definição dos temas foram:

- Estratégia Nacional de Defesa (END); e
- Concepção Estratégica: Ciência Tecnologia e Inovação de Interesse da Defesa; e
- outras fontes (jornais, revistas, artigos, Internet e outros).

3.3.3 Definição dos possíveis futuros

De posse dos temas, foram então eleborados os possíveis futuros para cada tema. Esses futuros foram elaborados a partir da análise dos próprios temas. Esses possíveis futuros foram denominados "visões de futuro". Poderiam ter sido definidas tantas visões quantas fossem necessárias para cada tema. No entanto, para fins de simplificação da metodologia, optou-se por definir apenas três visões de futuro para cada tema. Por exemplo, o Tema 1: Desenvolvimento de Capacitações Tecnológicas Independentes, possui as seguintes visões de futuro:

- Visão 1 (independência tecnológica total): o Brasil avança de forma significativa na P&D de tecnologias de interesse da defesa e alcança independência tecnológica total em 2030.

- Visão 2 (dependência tecnológica fraca): o Brasil avança razoavelmente na P&D de interesse da Defesa e alcança independência tecnológica na maioria das áreas estratégicas, como a espacial, a cibernética e a nuclear, mas permanece dependente em outras áreas estratégicas, em 2030.

- Visão 3 (dependência tecnológica forte): o Brasil avança pouco na P&D de tecnologias de interesse da Defesa e alcança independência tecnológica em algumas áreas, porém permanece dependente na maioria das áreas estratégicas, como a espacial, a cibernética e a nuclear, em 2030.

O Apêndice A apresenta os 20 temas e suas respectivas visões de futuro.

3.3.4 Definição das Variáveis-Chave

Foram definidas as variáveis-chave para cada fase da pesquisa de campo. Na pesquisa de materiais/sistemas, foram usados os sistemas operacionais definidos no manual C100-5 como variáveis-chave. Na pesquisa de tecnologias, as variáveis foram as 23 tecnologias de interesse da defesa, definidas no documento "Concepção Estratégica: Ciência Tecnologia e Inovação de Interesse da Defesa". Na pesquisa de cenários da industria de defesa, foram defindas as variáveis-chave clássicas para este tipo de trabalho, a saber: probabilidade, impacto e relevância. A essas três acrescentou-se uma variável nova: "prazo de ocorrência".

3.3.5 Levantamento dos Dados

A técnica de pesquisa utilizada para o levantamento dos dados foi o uso de questionários, por meio de uma ferramenta via Internet chamada *surveymonkey*. A pesquisa de campo se deu em quatro etapas. A primeira, segunda e terceira etapas corresponderam a uma rodada Delphi, e abordaram os três eixos da pesquisa

separadamente (materiais, tecnologias e indústria). A quarta etapa correspondeu à segunda rodada Delphi e abordou os três eixos da pesquisa simultaneamente.

A primeira etapa tratou dos sistemas e materiais de emprego militar que o Exército Brasileiro deverá possuir em 2030. A pesquisa nessa etapa foi qualitativa. A segunda etapa tratou das tecnologias que o Exército deverá dominar para viabilizar a obtenção dos sistemas e materiais apontados na fase anterior, em 2030. Nessa etapa, a pesquisa foi qualitativa e quantitativa. A terceira etapa tratou dos cenários prospectivos da indústria nacional de defesa em 2030. A pesquisa nessa etapa foi quantitativa. Finalmente, a quarta etapa tratou dos três eixos e correspondeu a segunda e última rodada Delphi. O quadro 5 resume o procedimento da pesquisa:

Quadro 5: resumo do procedimento da pesquisa de campo

Sistema Delphi	Eixo	Tipo
1ª Rodada Delphi	Sistemas e materiais de emprego militar	Qualitativa
	Tecnologias	Qualitativa e quantitativa
	Indústria de Defesa	Quantitativa
2ª Rodada Delphi	Sistemas e materiais, tecnologias e Indústria de defesa	Quantitativa

A pesquisa ainda se encontra disponível na Internet e pode ser verificada nos seguintes endereços eletrônicos:

1) Primeiro eixo (sistemas e materiais): https://www.surveymonkey.com/s/97SBWVS

2) Segundo eixo (tecnologias): https://www.surveymonkey.com/s/JYP2YQY

3) Terceiro eixo (indústria): https://www.surveymonkey.com/s/ZQ58MFM

4) Segunda rodada Delphi envolvendo todos os eixos (materiais, tecnologias e indústria):: https://www.surveymonkey.com/s/8P9RHCG

3.3.6 Análise dos dados

A análise dos dados foi realizada de forma individual, em trabalho do tipo "*deskwork*". Para tanto, utilizou-se a ferramenta desenvolvida ao longo da pesquisa, denominada Matriz de Análise de Cenários (MAC). A análise dos dados será explicada em detalhes no capítulo 6.

3.3.7 Apresentação dos resultados

Os resultados da análise são apresentados na forma de cenários para o setor de defesa em 2030, no capítulo 6 e no apêndice B.

3.4 Conclusão Parcial

A metodologia de pesquisa da presente tese envolveu as duas fases clássicas das pesquisas de pós-graduação, uma teórica e outra empírica. Contou ainda com uma significativa ajuda por meio de participação em Universidade no exterior, no caso, a Universidade de Manchester, que é considerada, atualmente, um dos centros de referência na pesquisa em análise prospectiva. Além disso, a pesquisa de campo realizada contou com uma participação expressiva, de cerca de 2.000 (dois mil) respondentes, o que confere uma base de dados robusta para apoiar a pesquisa, com informações qualitativas e quantitativas. O método empregado para a coleta dos dados, baseado em ferramenta via web (Internet), mostrou-se extremamente adequado para os objetivos da pesquisa, tendo por pontos fortes: a facilidade de confecção das questões; a facilidade de acesso por parte dos respondentes; e a facilidade de análise dos dados. Destaca-se, contudo, como ponto fraco a fragilidade da segurança, pois a pesquisa fica disponível para qualquer usuário que tenha acesso à rede mundial (exceto os dados coletados, que só podem ser acessados pelo autor da pesquisa, por meio de senha).

4 A ANÁLISE PROSPECTIVA EM DEFESA NO MUNDO

O objetivo deste capítulo é analisar a os processos de análise prospectiva que são realizados no mundo, no setor de defesa, sob o ponto de vista da metodologia. Para tanto, seis processos de análise prospectiva em defesa foram escolhidos, cada um de um país diferente com tradição nesta atividade: Holanda, França, Reino Unido, Estados Unidos da América, Espanha e África do Sul. Com base nos documentos disponíveis, os diferentes processos de análise prospectiva foram analisados, buscando-se identificar as características dos diversos processos. Para tornar a comparação viável, uma estrutura geral foi desenvolvida com base em duas metodologias de análise prospectiva: metodologia SFM (RAVETZ, 2011; SARITAS, 2009), e metodologia SMART (POPPER, 2011). Para cada análise prospectiva examinada, há uma breve descrição do processo, seguida pela apresentação de um quadro contendo a característica identificada no processo e a sua categorização. No final, as categorias são comparadas em um quadro consolidado, a partir do qual são extraídas algumas conclusões.

4.1 Modelo de Análise

Existem várias estruturas diferentes que podem ser usadas para analisar processos de análise prospectiva. Uma dessa estruturas é denominada Método de Análise Prospectiva Sistêmica (do inglês *Systemic Foresight Method* – SFM). O SFM é baseado no trabalho de Joe Ravetz (RAVETZ, 2011) e Ozcan Saritas (SARITAS, 2009). De acordo com esses autores, o processo de análise prospectiva consiste basicamente de três vertentes (MILES & KEENAN, 2003):

1) vertente de futuro (quando): exploração de cenários futuros;

2) vertente de construção de capacidades (quem): interessados desenvolvem uma compreensão comum; e

3) vertente de planejamento estratégico (como): desenvolvimento de planos e ações a fim de alcançar um futuro desejável.

A abordagem de análise prospectiva sinérgica (RAVETZ, 2011) adiciona mais três vertentes:

1) vertente do tema (qual): área, setor ou tecnologia específica a ser enfocada;

2) vertente de fator (que): fatores relevantes em regimes ou instituições; e

3) vertente de metas (por que): metas e visões de mundo dos diferentes interessados.

Baseado nas premissas acima, Ozcan Saritas desenvolveu uma estrutura denominada SFM (SARITAS, 2009), consistindo de um modelo de processo de 5 estágios combinado com 5 vertentes da abordagem sinérgica de Ravetz, conforme mostrado no Quadro 6.

Quadro 6: Método de análise prospectiva SFM

	Escopo & pesquisa	**Fase criativa**	**Fase de ordenamento**	**Fase de aplicação**	**Disseminação**
	Inteligência	***Imaginação***	***Integração***	***Interpretação***	***Intervenção***
	Pesquisa, monitoramento, evidência	*Modelo conceitual, visões, cenários*	*Prioridades, ordens, negociações*	*agendas& estratégias*	*Planos, políticas, ações*
Visões de mundo/ metas (por que)					
Vertente de futuro(quando)					
Vertente de capacidade (quem)					
Vertente de estratégia (como)					
Vertente de tema (qual)					

Fonte: SARITAS (2009)

Outra estrutura é chamada Processo de Análise Prospectiva SMART, de RAFAEL POPPER (2011). De acordo com esse autor, o processo de análise prospectiva consiste de cinco fases: Escopo, Mobilização, Antecipação, Recomendação e Transformação, como mostrado na Figura 12:

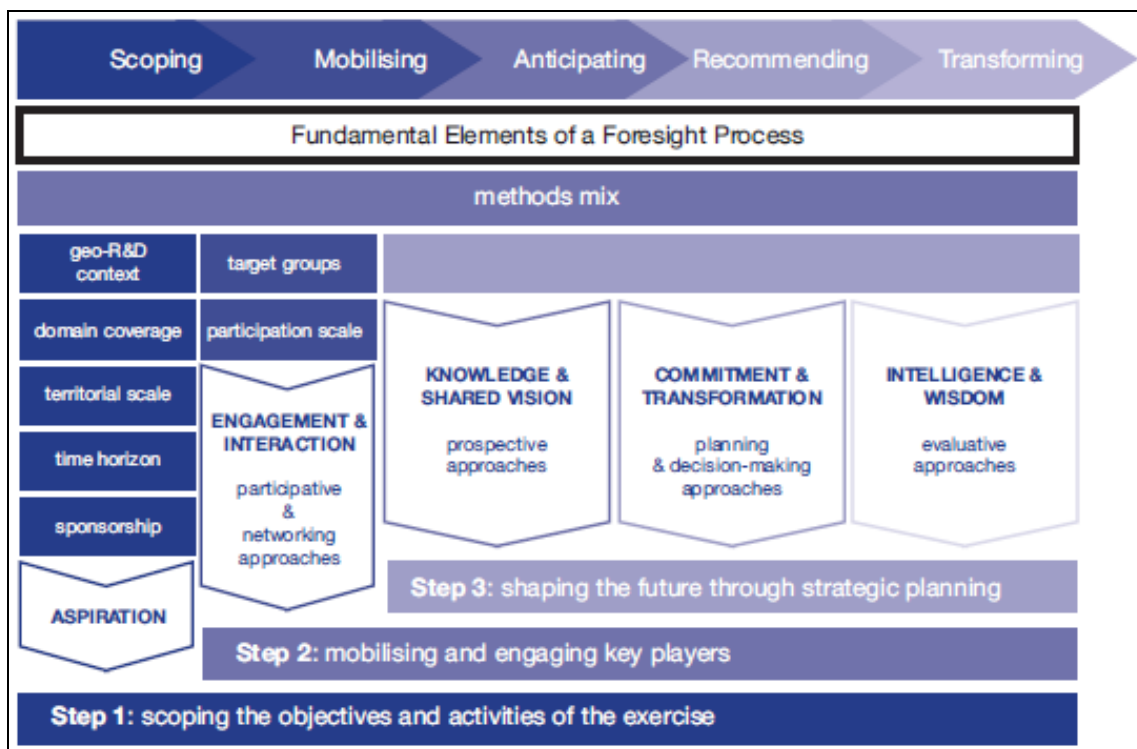



Figura 12: processo de análise prospectiva SMART
Fonte: POPPER (2011)

Na fase de escopo, são tomadas as decisões relativas ao processo de análise prospectiva. Cinco questões devem ser abordadas nessa fase: contexto geo-P&D; domínio de cobertura; escala territorial; horizonte temporal; e patrocínio. Na fase de mobilização, devem ser envolvidas as pessoas que irão participar do processo de análise prospectiva. Dois elementos fundamentais nessa fase devem ser analisados: os grupos-alvo e a escala de participação. A fase de antecipação é o coração do processo de análise prospectiva. Essa fase posssui três atividades principais: exploração, análise e antecipação. A fase de recomendação é fortemente relacionada com o planejamento estratégico. Finalmente, a fase de transformação é relacionada com as ações que conformarão o futuro desejável, ou que, pelo menos, permitirão enfrentar os diferentes futuros possíveis.

Segundo a teoria geral de sistemas (BERTALANFFY, 1975), um sistema pode ser representado como um conjunto que recebe determinados insumos (entrada), realiza um processamento nesses insumos, e gera produtos (saída), como mostrado na Figura 13:

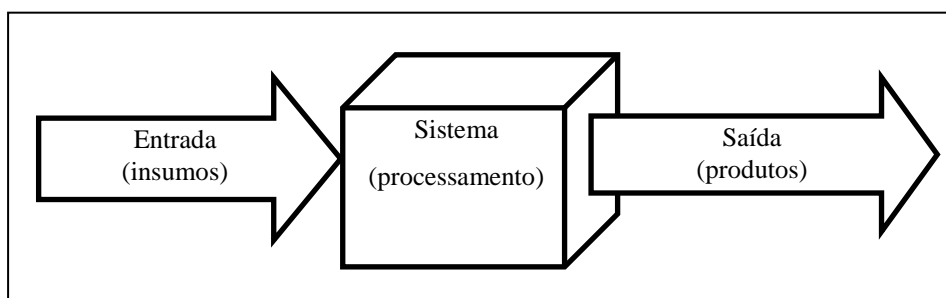



Figura 13: modelo de um sistema genérico

Fonte: o autor

Analisando-se as duas estruturas sob a ótica da teoria de sistemas, pode-se concluir que um processo genérico de análise prospectiva possui três fases bem definidas: preparação, execução e implementação. A fase de preparação consiste de escopo e mobilização. A fase de execução corresponde ao coração do processo de análise prospectiva que é a antecipação. Finalmente, a fase de implementação corresponde ao emprego dos resultados da análise prospectiva, o que abrange a recomendação e a transformação. Com base nessas considerações desenvolveu-se uma visão sistêmica de um processo genérico de análise prospectiva, como mostra a Figura 14.

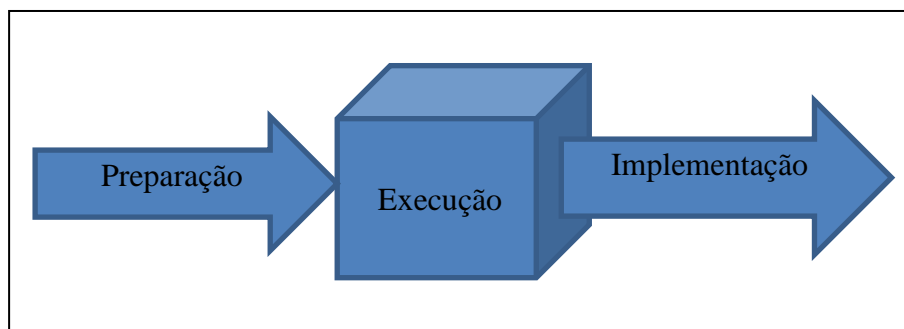



Figura 14: visão sistêmica de um processo genérico de análise prospectiva

Fonte: o autor

Assim, considerando as duas diferentes abordagens acima, aproveitando-se das melhores características de cada uma delas, e incluindo-se alguns aspectos de criação própria, foi desenvolvido um modelo conceitual para analisar e comparar os diferentes processos de análise prospectiva, como mostra o Quadro 7.

Quadro 7: modelo para comparação de processos de análise prospectiva

Fase	Categoria	Subcategorias	
PREPARAÇÃO	Abordagem	• Futuros alternativos (AF)	• Análise de dados (DA)
	Objetivo Geral	• Vislumbrar o futuro (EF) • Definir prioridades (DP)	• Definir política e/ou estratégia (DPS) • Apoiar o planejamento estratégico (SSP)
	Objetivos Específicos	• Identificar potenciais ameaças(IPT) • Identificar oportunidades (IO) • Definir capacidades operacionais (DOp) • Definir doutrina futura(Doc) • Definir equipamento(DEq) • Identificar tecnologia(ITec)	• Avaliar capacidade industrial(AIC) • Analisar futures alternativos(AAF) • Identificar tendências(ITr) • Identificar choques(ISh) • Avaliar riscos(AR)
	Domínio	• Militar(Mil) • Econômico(Ec) • Político(Pol)	• Social(Soc) • Ciência&Tecnologia(S&T) • Recursos&Ambiente(R&E)
	Escala Territorial	Nacional (N) • Global (G)	
	Horizonte Temporal	• Curto prazo até 5 anos (S) • Médio prazo 5<t<15 anos (M)	• Longo prazo: 15<t<30 years (L) • Muito longo prazo: t>30 years (VL)
	Patrocínio	• Governo (Gov)	• Setor privado (Pri)
	Tema	• Capacidades e doutrina (C&D) • Equipamento e Tecnologia (E&T) • Indústria de Defesa (Def Ind) • Conflitos futuros (FC)	• Recursos humanos (HR) • Ambiente (Env) • Poder Global (GPow) • Desafios para a Defesa(CDef)
	Participação	• Stakeholders(Stk) • Peritos(Exp) • Governo(Gov)	• Indústria(Ind) • Academia(Acad) • Sociedade em geral(WS)
EXECUÇÃO	Objetivos Metodológicos	• Estimular a criatividade (SC) • Entendimento comum (ComUn)	
	Técnicas	• Seminário(W) • Pesquisa individual e análise de dados (DW&DA) • Painel de peritos(PE) • Backcasting(Back)	• Consulta a peritos (EC) • Análise SWOT(SWOT) • Desenvolvimento de cenários(Sc) • Pesquisa de opinião(SO)
	Resultados	• Cenários futuros (Sc) • Espaço de planejamento estratégico (SPS) • Análise de tecnologias (Atec)	
IMPLEMENTAÇÃO	Recomendação e Transformação	• Lista de prioridades(LP) • Informação estratégica(SInfo) • Roadmaps(Road) • Estratégia(Strt) • Política(Pol) • Ligações com tomadores de decisão (Link)	

Fonte: o autor

4.2 Holanda

Baseado no quadro acima, o processo de análise prospectiva em defesa conduzido pela Holanda foi analisado. O processo holandês foi focado principalmente na indústria de defesa (HOOGENDOORN et al, 2007). A abordagem buscou determinar as principais oportunidades de inovação para a indústria e identificar as competências tecnológicas complementares, necessárias para tirar o melhor proveito dessas oportunidades. Desenvolveu-se, também, uma visão estratégica, incluindo opções para política de inovação. A fim de atingir esses objetivos gerais, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

1) inventariar os desenvolvimentos internacionais relevantes;
2) determinar os fatores de sucesso em cooperação internacional;
3) determinar as áreas de prioridade tecnológica para a indústria de defesa de interesse para o mercado doméstico; e
4) desenvolver instrumentos de política para fortalecer a visão estratégica.

O terceiro objetivo específico foi o foco do processo de prospeção holandês, sendo dividido em quatro questões:

1) quais são as forças atuais da indústria de defesa holandesa?
2) quais são as oportunidades para inovação no mercado de defesainternacional?
3) quais tecnologias e inovações sarisfazem as necessidades futuras do Ministério da Defesa holandês?
4) quais são as oportunidades para o mercado civil?

O processo holandês de análise prospectiva foi inserido em um processo de definição de políticas, sendo utilizado como ferramenta para prover informações para o desenvolvimento de uma política de inovação para a indústria de defesa. O desafio do processo holandês foi traduzir as quatro questões em perspectivas de *clusters* tecnológicos ou oportunidades de inovação. Isso tornou os resultados do processo

comparáveis. Cada perspectiva foi analisada e então traduzida em uma taxonomia codificada de tecnologias desenvolvida pelo Grupo de Armamentos da Europa Ocidental (*Western European Armaments Group* – WEAG). Essa classificação WEAG em tecnologias de defesa é geralmente aceita dentro do setor de defesa. Ela inclui tecnologia, produtos e inteligência, ou como são também denominados: tecnologias básicas, tecnologias relacionadas a sistemas e funções, equipamentos e assessoramento militar. Adicionalmente, as classes WEAG foram checadas para identificar relações de forma que clusters prioritários foram formados e interpretados, combinando-se tecnologias específicas com produtos e inteligência. Finalmente, esses clusters prioritários foram comparados, permitindo uma análise final a partir das diferentes perspectivas. A Figura 15 mostra a abordagem de análise prospectiva em defesa da Holanda.

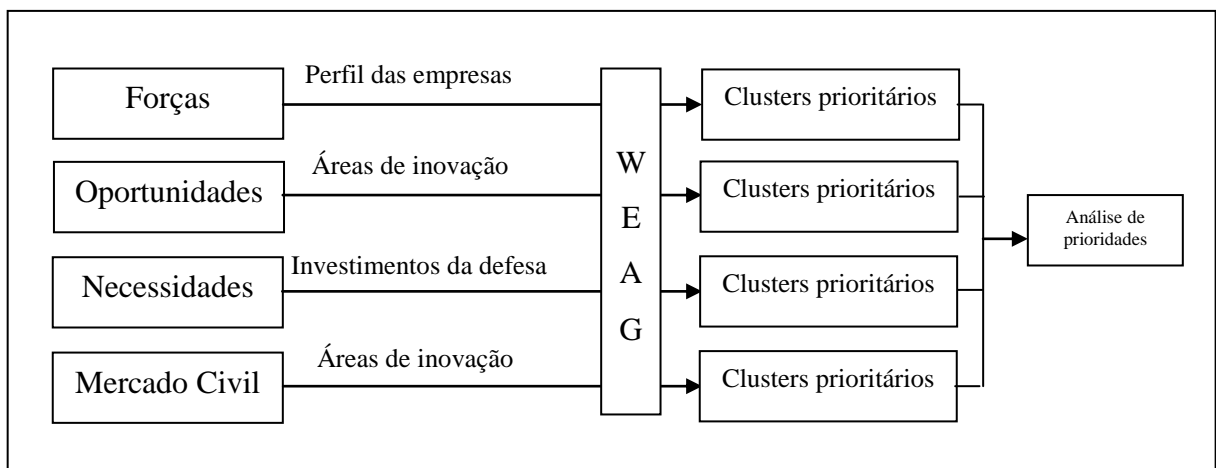



Figura 15: abordagem de análise prospectiva em defesa da Holanda

Fonte: adaptado de HOOGENDOORN (2007)

Para determinar as forças da indústria de defesa, as empresas foram analisadas e foi organizado um workshop apoiado por computador, no qual participaram representantes da indústria (grupo de decisão). As oportunidades de inovação foram identificadas com base em pesquisa em fontes abertas e entrevistas com lideranças do setor. As necessidades futuras das forças armadas foram identificadas e priorizadas, com base em um planejamento de investimentos realizado pelo Ministério da Defesa. Finalmente, o mercado civil foi avaliado por

peritos, com base nos desafios sociais mais relevantes. O Quadro 8 apresenta o resumo do processo de análise prospectiva em defesa da Holanda.

Quadro 8: características da análise prospectiva em defesa da Holanda

	Categoria	Evidência	Subcategoria
PREPARAÇÃO	Abordagem	Análise SWOT e de mercado	**DA**
	Objetivo Geral	- Desenvolver visão estratégica - Desenvolver política de inovação	**DPS**
	Objetivos específicos	- Identificar oportunidades de inovação para a indústria de defesa - Identificar competências tecnológicas necessárias - Mapear desenvolvimentos internacionais relevantes - Determinar fatores de sucesso em cooperação internacional - Determinar prioridades tecnológicas para a indústria de defesa - Fortalecer a visão estratégica	**IO** **ITec** **AIC**
	Domínio	- Indústria de defesa holandesa - Tecnologias e inovação para a indústria de defesa	**Ec** **S&T**
	Escala Territorial	Holanda	**N**
	Horizonte temporal	Não identificado	**-**
	Patrocínio	Governo holandês	**Gov**
	Tema	- Forças atuais da indústria defesa holandesa - necessidades futures do Ministério da Defesa (MD) - Oportunidades para o Mercado civil - Oportunidade para inovação no Mercado de defesa internacional	**DefInd**
	Participação	- Representantes da indústria - Principais interessados - Governo - Especialistas	**Ind** **Exp**
EXECUÇÃO	Objetivos Metodológicos	Não identificado	**-**
	Técnicas	- Seminários apoiados por computador - Pesquisa individual e entrevistas com elementos-chave - Análise dos investimentos planejados pelo MD - Avaliação de especialistas baseada em desafios sociais relevantes	**W** **R&DA** **EA**
	Resultados	Avaliação de tecnologias	**ATec**
IMPLEMENTAÇÃO	**Recomendação e Transformação**	**- Prioridades tecnológicas** **- Estratégia para a Indústria de Defesa** **- Política para a Indústria de Defesa**	**LP** **Strt** **Pol**

4.3 França

O processo francês de análise prospectiva em defesa foi analisado com base em um importante documento denominado Prospectivas Geoestratégicas para os Próximos Trinta Anos (DAS, 2007), um relatório feito sob a direção da Delegação para Assuntos Estratégicos. O objetivo geral do processo francês de análise prospectiva em defesa foi identificar as mudanças que podem afetar o ambiente estratégico, e tirar conclusões para a defesa e segurança da União Européia (UE) e França. O trabalho é baseado no estudo de um sistema global, a fim de revelar a emergência de novos fenômenos e possíveis rupturas, sendo dividido em oito tópicos principais: 1) relações internacionais; 2) dimensão militar; 3) economia; 4) recursos e ambiente; 5) demografia; 6) saúde; 7) culturas e sociedades; e 8) tecnologia.

Tomando o diagnóstico da situação atual como ponto de partida, essa abordagem busca determinar, entre os possíveis cenários, quais são prováveis. O cruzamento dos cenários prováveis com os cenários desejáveis é denominado, na metodologia francesa, de Opções Estratégicas, como mostra a Figura 16.

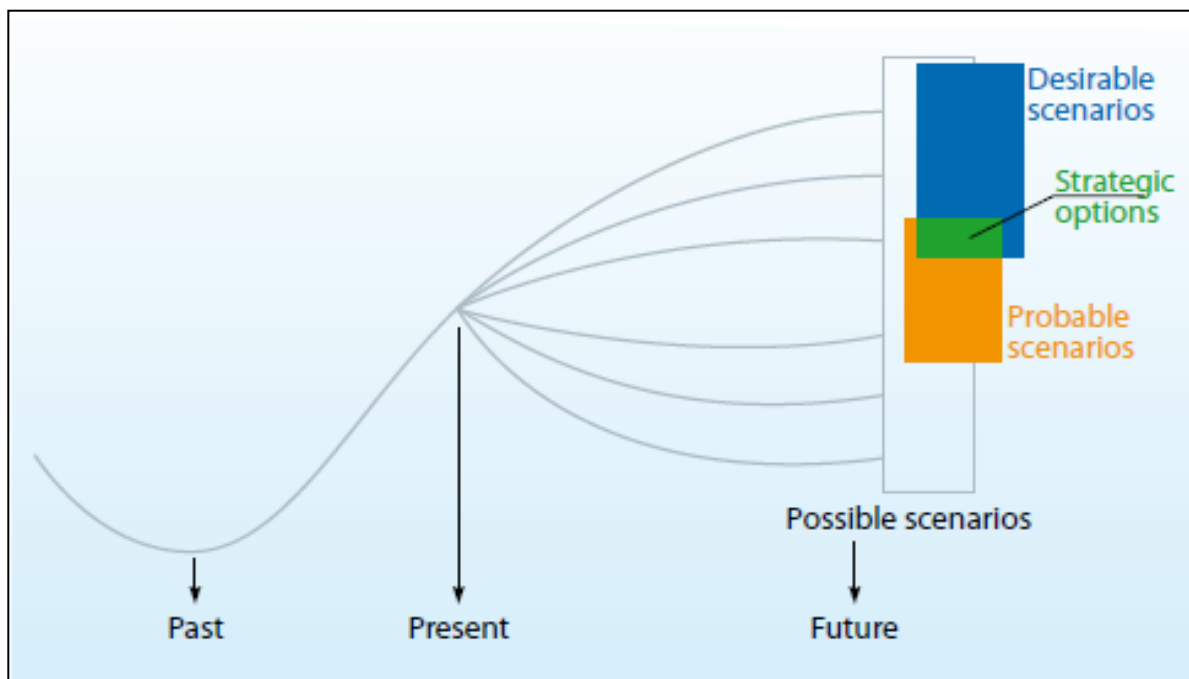



Figura 16: abordagem francesa de análise prospectiva

Fonte: DAS (2007)

O processo francês de análise prospectiva abrangeu um período de três décadas. O método inclui uma fase de diagnóstico das tendências principais e fatores de incerteza, em cada domínio, com potencial de se transformar em rupturas. Cosidera-se uma tendência principal como um movimento que afeta um fenômeno no longo prazo (por exemplo: urbanização, aumento populacional, etc), e uma ruptura qualquer fenômeno de mudança estratégica, seja causado por uma tendência principal, seja o que ocorre inesperadamente. Uma ruptura deve introduzir uma clara separação entre o “antes” e o “depois”, sem necessariamente estar relacionada com a noção de temporalidade curta. A abordagem francesa possui os seguintes objetivos:

1) estimular a criatividade;
2) aumentar a coerência entre os vários campos de estudo;
3) estruturar o pensamento coletivo;
4) criar uma linguagem comum;
5) incitar a apropriação por parte de todos os participantes.

A análise prospectiva francesa também considera uma avaliação de riscos. Além disso, a análise de cada domínio permitiu a identificação das conseqüências que afetam a defesa. A abordagem enfatiza a conexão entre formas de conhecimento que são tanto diferenciados quanto complementares, respondendo à natureza global do conjunto de temas escolhidos pela rede dos vários participantes, dentro do ministério da defesa e entre os peritos multidisciplinares. A análise prospectiva francesa lida principalmente com os seguintes aspectos:

1) ameaças potenciais ou identificadas e suas conseqüências nos conflitos futuros;
2) capacidades operacionais a ser adquiridas de acordo com a doutrina definida (ou a ser definida);
3) consequências em termos de equipamentos militares, tecnologias que determinam equipamentos e meios industriais que realizam esses equipamentos.

A análise prospectiva francesa em defesa foi construída sobre uma base metodológica que inclui:

1) elementos metodológicos genéricos, assim considerados no sentido de que esses elementos não são especíicos da análise prospectiva em defesa, já tendo sido usados em outros campos tais como análise prospectiva territorial ou análise prospectiva em energia. Esses elementos são amplamente reconhecidos no campo da análise prospectiva aplicada.

2) elementos metodológicos específicos para a defesa, que definem de uma forma mais compreensível o processo que leva à identificação dos principais desafios para a defesa, e projeta as capacidades militares (soldados, equipamentos, organização, treinamento, apoio logístico, etc) que podem satisfazer melhor esses desafios futuros.

O cruzamento dos elementos metodológicos genéricos e específicos da defesa levou à construção de uma matriz que identifica os principais tópicos a ser investigados a fim de formar um escopo completo do problema. O horizonte temporal de 30 anos do processo francês de análise prospectiva foi escolhido baseado em dois argumentos:

- por um lado, 30 anos é considerado, do ponto de vista histórico, o típico intervalo de acontecimentos para as grandes mudanças geoestratégicas ou operacionais, as quais causam transformações de magnitude equivalente e missões ou equipamentos das forças armadas;
- por outro lado, 30 anos é a média do ciclo de renovação dos programas de armamento, alguns com ciclos mais longos (porta-aviões), outros com ciclos mais curtos (sistemas de comunicações e sistemas espaciais).

Dessa forma, raciocinar com 30 anos em termos de equipamentos de defesa significa antecipar futuras linhas de produtos além dos programas já decididos e das produções já iniciadas. Pode ser entendido também como uma forma de pensamento de longo prazo em P&D ou mesmo em planejamento de defesa.

A análise prospectiva francesa usa uma abordagem derivada do trabalho da LIPSOR (acrônimo para Laboratório de Investigação em Prospectiva Estratégica e Organização), que sugere lidar sucessivamente com as seguintes questões:

1) Qual é a identidade do sistema (definição, fundamentos, objetivos)?

2) O que pode ocorrer ao sistema e seu ambiente (fatores de evolução, elementos contextuais permanentes, principais tendências, incertezas, possíveis choques, novas normas concebíveis)?

3) Quais são as possíveis opções estatégicas?

4) Quais são as opções selecionadas?

5) Como colocar essas opções em prática?

Essas questões genéricas ajudam a estruturar o processo intelectual e distinguir a visão do futuro (questões 1 e 2) da resposta estratégica (questões 3, 4 e 5).

O processo francês de análise prospectiva lida com as quatro primeiras questões com particular ênfase na questão 2, cuja fase de antecipação visa vislumbrar os possíveis futuros. O processo lida com a necessidade de considerar dois tipos de futuros: futuros esperáveis e futuros incertos. Todas as "visões de futuro" elaboradas no processo referem-se explicitamente a uma abordagem de pensamento prospectivo dentre três possíveis:

- análise prospectiva preditiva;
- análise prospectiva exploratória;
- análise prospectiva de choques.

Análise prospectiva preditiva desenvolve projeções de eventos com baixo grau de incerteza, por meio do estímulo a extensões do atual sistema e por meio da referência a elementos contextuais permanentes, a fim de alcançar consistência. Sobre a dimensão de defesa no âmbito geoestratégico mundial, um consenso internacional parece se formar, o qual situa o horizonte de relevância da análise

prospectiva preditiva em aproximadamente 15 a 20 anos. Análise prospectiva exploratória oferece hipóteses plausíveis para eventos inesperados e desenvolvimentos fora da tendência, os quais irão contradizer as previsões e testar como o sistema se comportará caso esses eventos venham a ocorrer (abordagem "e se"). Isso permite avaliar a robustez e resiliência do sistema, assim caracterizado por sua habilidade de enfrentar um amplo espectro de possíveis situações futuras, uma tarefa para a qual a análise prospectiva preditiva, com sua imagem de um futuro único, não é adequada. Aplicado a um sistema de forças, a análise prospectiva exploratória verifica em que extensão um sistema de forças, tendo que lidar com um choque externo (inesperada forma de conflito, mudança de objetivo estratégico, ruptura tecnológica, nova regulação, etc), mantém-se relevante e efetivo e, caso negativo, se ele poderá adaptar-se de alguma maneira. Análise prospectiva de choque inclui exercícios de análise prospectiva "normativa" tentando imaginar novos padrões (em vários domínios: conceitos, doutrinas, leis, comportamentos, tecnologia, economia, etc), alguns deles fruto de decisão própria, os quais podem mudar os mecanismos de oferta e demanda de sistemas de armas em um futuro mais ou menos distante.

Além dos elementos prévios de metodologia genérica (os quais podem ser aplicados em uma ampla gama de sujeitos), a análise prospectiva em defesa francesa procede de forma própria, ao antecipar os possíveis conflitos futuros e delinar os sistemas militares (capacidades, equipamentos, recursos humanos, doutrinas) projetados para enfrentá-los. Esse processo divide-se em três etapas sucessivas:

1) análise prospectiva geoestratégica;
2) análise prospectiva operacional; e
3) análise prospectiva tecnológica.

A análise prospectiva geoestratégica lida com a análise de situações as quais a França poderá ter de enfrentar no futuro, em um nível geoestratégico, a fim de visualizar futuras ameaças e situações operacionais, as quais são o dado de entrada para a análise prospectiva operacional. A análise prospectiva geoestratégica

também lança luz na análise prospectiva tecnológica, por meio do estudo das formas de transferência tecnológica (velocidade, alcance, intensidade), se terá de lidar com a proliferação de inimigos, cooperação em programas futuros, ou domínios duais (espaço, aeronáutica, etc).

A análise prospectiva operacional constitui o segundo passo do processo de análise prospectiva em defesa francês. Baseado nos dados obtidos pela análise prospectiva geoestratégica, ela aprofunda a dimensão militar por meio da descrição de futuros conflitos, ameaças, questões, e decisões políticas, as quais resultam em um planejamento da defesa (habilidades e capacidades das forças).

Em seguida, a análise prospectiva científico-tecnológica aborda:

- ações de pesquisa para delinear o futuro da ciência e da tecnologia de provável interesse para os sistemas de armas;

- revisão dos tópicos a ser pesquisados pela ciência e tecnologia a fim de alcançar futuras mudanças de capacidade e disrupções imaginadas pelos sistemas de forças: aumento de desempenho desejado, novas ameaças, idéias inovadoras, e ações para atribuí-las como objetivos em programas de pesquisa;

- revisão pelos sistemas de forças das potenciais contribuições da ciência e da tecnologia para os próximos 30 anos: emergência de temas científicos, tecnologias promissoras para os sistemas de forças, etc;

- mais genericamente, o diálogo estreito e o cruzamento entre análise prospectiva de capacidades operacionais e a análise prospectiva científico-tecnológica;

- como resultado, uma síntese das tecnologias críticas para a defesa e o esforço necessário para dominá-las.

O cruzamento entre as categorias genéricas de análise prospectiva (preditiva, exploratória, ruptura) e as categorias de análise prospectiva em defesa (geoestratégica, operacional e tecnológica) leva ao Quadro 9 que define os temas a serem pesquisados.

Quadro 9: temas pesquisados na análise prospectiva francesa

Categoria de Análise Prospectiva	**Preditiva**	**Exploratória**	**Choque/Ruptura**
Geostratégica	Procura por fatores estáveis ou facilmente previsíveis em longo período de tempo (por ex. crescimento demográfico)	Modela incertezas do futuro (conjuntos de variáveis para evoluções imprevisíveis, hipóteses de eventos repentinos e sua probabilidade estimada)	Busca de novos paradigmas
Operacional	Repetição de cenários similares aos conflitos recentes em um contexto atualizado (capacidades militares, relações internacionais). Hipóteses sobre forças (doutrinas, equipamentos, pessoal) adequadas ao planejamento atual.	Conjunto de vários cenários operacionais envolvendo um ou mais elementos inéditos (comparado com recentes eventos e conflitos). Visualização de consequências das opções de capacidades	Cenários construídos a partir de padrões alternativos de conflitos ou uso da força (conceitos, doutrinas, estratégias, coalizões, ameaças, campo de batalha) ou identidade alternativa de forças (forças conjuntas, estado-maior europeu,compartilhamento de capacidades da UE ou OTAN, defesa e segurança conjunta)
Ciência & Tecnologia	Desempenho futuro alcançável pelo amadurecimento de tecnologias de nível TRL[4] 4-5 até onível TRL 7-9, ou pela adaptação e uso de tecnologias estrangeiras maduras	Identificação ou invenção de aplicações práticas de tecnologias de baixo nível de maturidade (TRL 1-3)	Novos padrões ou modos de visualizar a ciencia e a tecnologia de interesse da defesa (neurociência, economia, química). Idéias altamente especulativas sobre sistemas futuros.

Fonte: DAS (2007)

O processo de análise prospectiva francês é uma tarefa coletiva conduzida por um painel de especialistas de diversas origens, habilidades profissionais e bagagens culturais. Em especial, há uma forte interação entre engenheiros e pessoal operacional. Dessa forma, chega-se ao Quadro 10 com o resumo das características do processo de análise prospectiva da França.

Quadro 10: características da análise prospectiva em defesa da França

	Categoria	Evidência	Subcategoria
PREPARAÇÃO	Abordagem	Futuros Alternativos	AF
	Objetivo Geral	- Identificar mudanças no ambiente estratégico futuro	EF
	Objetivos específicos	Identificar potenciais ameaças Identificar capacidades operacionais a ser adquiridas Identificar equipamentos, suas tecnologias e meios industriais para obtê-los	IPT – Dop – DOC – Deq – Itec - AIC
	Domínio	Relações internacionais Dimensão militar Economia Recursos e ambiente Demografia Saúde Culturas e sociedades Tecnologia	Mil – Ec – Pol – Soc - S&T - R&E
	Escala Territorial	Estudo de sistemas globais	G
	Horizonte temporal	30 anos	L(30)
	Patrocínio	Délégation aux affaires stratégiques	Gov
	Tema	Geoestratégico: fatores previsíveis, incertezas, novos paradigmas Operacional: contexto atualizado, novo contexto, contexto alternativo C&T: tecnologias maduras, novas tecologias, emprego especulativo de tecnologias futuristas	C&D – Eq – FC – HR – Geo – Def Ind
	Participação	Cientistas, engenheiros, pessoal operacional	Stak - Exp
EXECUÇÃO	Objetivos Metodológicos	Estimular a imaginação Aumentar a coerência entre os vários campos de estudo Estruturar o pensamento coletivo Criar uma liguagem comum Obter apropriação por parte de todos os participantes	SC ComUn
	Técnicas	- análise de jogo de atores - análise de tendências fortes e análise de fatores de incerteza - esforço conjunto de engenheiros e pessoal operacional	R&DA PE
	Resultados	Avaliação de risco Avaliação de probabilidade Cenários prováveis Cenários desejáveis	Sc RA
IMPLEMENTAÇÃO	Recomendação e Transformação	- Roadmaps (passos lógicos visualizados para a renovação de sistemas militares) - Projetos (propostas de direcionamento de estudos de defesa) - Ideias de capacidades inovadoras, em particular ideias de sistemas (cruzamento entre conflitos futuros e tecnologias futuras)	Road Proj

4.4 Reino Unido

De acordo com JAMES (2011), o Centro de Conceitos e Doutrina de Defesa (*Defence Concept and Doctrine Centre* - DCDC) do Ministério da Defesa do Reino Unido tem conduzido exercícios de análise prospectiva e, como resultado, publicou um documento denominado “Tendências Estratégicas Globais – até 2040” (GST, 2012). Esse documento é uma visão abrangente do futuro no ano de 2040, baseado na análise do contexto estratégico que a defesa enfrentará e os desafios e oportunidades que esse contexto apresentará para o setor de defesa do Reino Unido.

A necessidade de compreender o contexto estratégico futuro para a defesa foi articulada no documento Revisão de Defesa Estratégica (1998), o qual confirmou a natureza do planejamento de longo prazo para a defesa e a necessidade de uma compreensão ampla do ambiente estratégico futuro. Os principais produtos são:

- análise das tendências do contexto estratégico futuro;

- análise dos futuros alternativos, riscos-chave e choques, incluindo uma avaliação da probabilidade, freqüência e magnitude;

- identificação de como os choques poderão impactar no contexto estratégico futuro;

- identificação das implicaações dessa análise para a defesa e segurança.

A metodologia é baseada na análise de forças diretoras e tendências. O trabalho é baseado na pesquisa conduzida no DCDC em conjunto com especialistas em um amplo leque de disciplinas. Esses especialistas vêm de diversas áreas, incluindo governo e academia. Para formar uma visão global das tendências futuras, o DCDC conduziu *workshops* e consultas na Europa, Oriente Médio, Ásia e América do Norte para agregar uma perspectiva internacional. Ao longo de doversos *workshops*, peritos identificaram tendências e forças diretoras em cinco dimensões: social; ciência e tecnologia; economia; recursos e ambiente; e geopolítica. Uma análise mais profunda avalia qual a probabilidade dessas tendências desenvolverem-se e interagir.

São feitas avaliações variando os graus de probabilidade para refletir múltiplos resultados alternativos. O futuro delineado no documento é realístico, baseado nos resultados mais prováveis, embora futuros alternativos também sejam explorados. A Figura 17 mostra a abordagem do processo de análise prospectiva em defesa do Reino Unido.

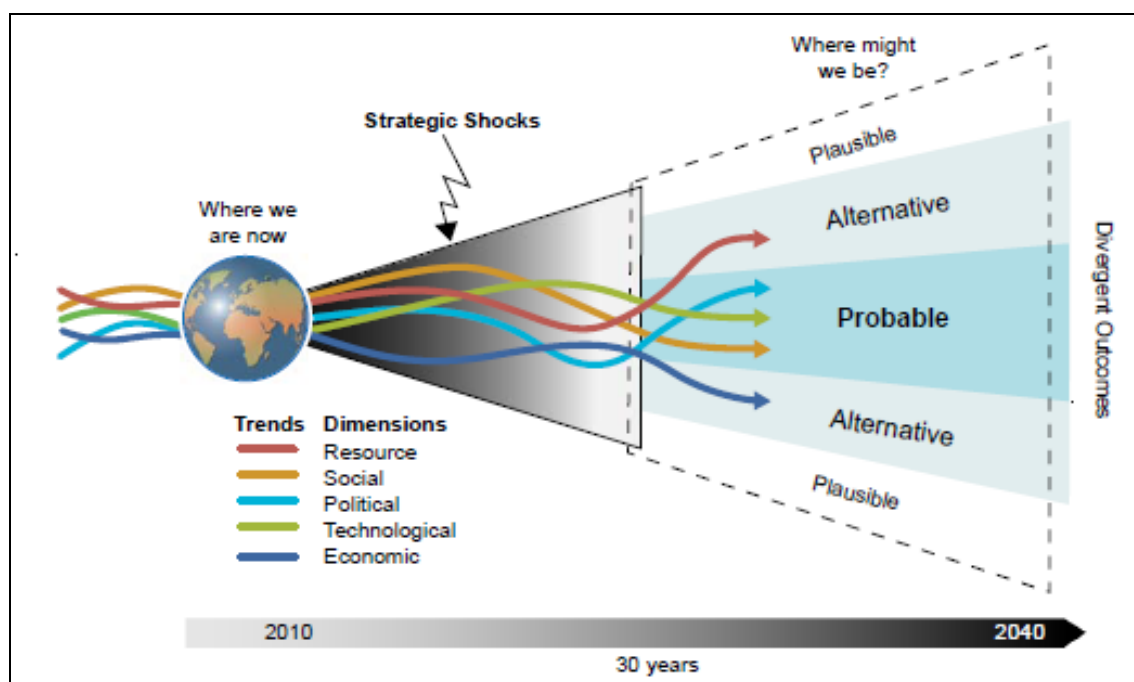



Figura 17: abordagem do processo de análise prospectiva do Reino Unido

Fonte: GST (2012)

A abordagem do Reino Unido vai além de apenas identificar os potenciais desafios futuros para a defesa e segurança. O processo também analisa os desenvolvimentos em areas que poderão moldar o contexrto estratégico mais amplo, dentro do qual a defesa terá que interagir. Por exemplo, o documento aborda temas como: a mudança de balanço do poder global; desafios demográficos e de recursos; mudanças climáticas e sociais. O processo de análise prospectiva britânico considera os seguintes termos e conceitos:

- tendência: um padrão identificado de mudança;

- força diretora: um fator que influencia diretamente ou causa mudança;

- questão-chave: uma força diretora que é tão influente que irá afetar a vida de todos os habitantes do planeta nos próximos 30 anos.

- dimensão: pesquisa e análise profundas de tendências e forças diretoras, organizada em cinco áreas: social; recursos e ambiente; economia; geopolítica; e ciência e tecnologia;

- produtos: uma descrição das características marcantes do contexto estratégico futuro, com um nível de confiança associado;

- riscos e benefícios: as consequências dos produtos e como eles podem se manifestar e afetar a defesa;

- choque estratégico: um choque é um evento de alto impacto que resulta em uma descontinuidade ou uma alteração abrupta no contexto estratégico. O choque estratégico pode ser esperado ou insperado. O ponto importate é que ele desloca o contexto estratégico da sua tendência.

Os futuros alterntivos são discutidos em três temas-chave: o ambiente humano; a dinâmica do poder global; e a evolução dos desafios para a defesa e segurança. Esses temas-chave identificam os produtos das tendências e forças diretoras. Esses temas-chave são definidos para: facilitar o entendimento das interações entre as tendências; distinguir entre mudanças significativas no longo prazo e as turbulências no curto prazo; e identificar os principais desafios e oportunidades on contexto estratégico futuro. Além disso, avalia-se que durante esse período a atividade humana será dominada por quatro questões-chave: mudança climática; globalização; desigualdade global; e inovação. A metodologia do processo de análise prospectiva britânico usa medida quantitativa de probabilidade. A probabilidade estimada é traduzida em palavra, a fim de tornar o relatório mais claro, conforme o Quadro 11.

Quadro 11: tradução da probabilidade estimada em palavras

Descrição	Probabilidade Associada
Irá	Maior do que 90%
Provavelmente	Entre 60% e 90%
Possivelmente	Entre 10% e 60%
Improvável	Menor do que 10%

Fonte: GST (2012)

Finalmente, é importante destacar que esse estudo prospectivo contribuiu com a confecção do documento *Defence Green Paper* (MOD, 2011). O Quadro 12 apresenta o resumo das características do processo de análise prospectiva do Reino Unido

Quadro 12: características do processo de análise prospectiva do Reino Unido

	Categoria	Evidência	Subcategoria
PREPARAÇÃO	Abordagem	Futuros Alternativos	AF
	Objetivo Geral	Analisar o contexto estratégico futuro para a defesa em 2040 Elaborar planejamento de longo prazo para a defesa	EF SSP
	Objetivos específicos	Identificar tendências Analisar futuros alternatives, riscos, choques, probabilidades, freqüência e magnitude, impacto - Identificar conseqüências pára a segurança e defesa	AAF- ITr ISh - AR
	Domínio	Social - C&T Economia - Recursos e ambiente geopolitica	Soc - C&T E - R&A Pol
	Escala Territorial	Global	G
	Horizonte temporal	30 anos	L(30)
	Patrocínio	Centro de Conceitos e Doutrina de Defesa	Gov
	Tema	Mudança climática Inovações tecnológicas disruptivas Mudança de poder global Aumento dos desafios para a defesa e segurança	Env E&T GPow CDef
	Participação	Governo - Academia Indústria	Gov – Acd Ind
EXECUÇÃO	Objetivos Metodológicos	Compreender as interações entre as tendências Distinguir as grandes mudanças de longo prazo das turbulências passageiras Identificar os principais desafios e oportunidades no contexto estratégico futuro	CommUn
	Técnicas	Seminários Consulta a especialistas Análise de forças diretoras e tendências	W EC R&DA
	Resultados	Futuros alternativos, tendências, choques, riscos, probabilidades, impactos, frequência	RA Sc
IMPLEMENTAÇÃO	Recomendação e Transformação	Defence Green Paper	SInfo

4.5 Estados Unidos da América

Uma análise prospectiva, denominada "*Air Force* 2025", foi desenvolvida pela Força Aérea dos Estados Unidos da América, no ano de 1996 (USAF, 1996). O objetivo dessa análise foi identificar os sistemas, conceitos de operação e tecnologias necessárias para assegurar aos Estados Unidos o domínio do ar e do espaço no ano de 2025, a fim de apoiar seu planejamento de longo prazo, ou planejamento estratégico. Assim, a análise considerou um horizonte temporal de 30 anos no futuro.

Os objetivos da análise prospectiva foram estabelecidos pelo chefe do Estado-Maior da força aérea americana em uma mensagem para o comandante da Universidade do Ar, em dezembro de 1994:

> O grupo de estudo irá gerar ideias e conceitos sobre as capacidades que os Estados Unidos devem possuir para dominar as forças do ar e do espaço no futuro. [...] O produto final será uma coleção de documentos ostensivos detalhando as capacidades das forças do ar e do espaço necessárias para a Guerra do futuro, conceitos novos ou altamente melhorados para o poder aero-espacial, e as tecnologias necessárias para possibilitar as capacidades vislumbradas (USAF, 1996).

A abordagem usada para o estudo 2025 cria futuros alternativos por meio da análise de tendências, estudo do trabalho de respeitados futuristas, considera as surpresas e fatos inesperados ("*wildcards*") e conduz análises para identificar os fatores, ou forças diretoras, que irão contribuir de forma mais efetiva com as mudanças. Usando a interação dessas forças diretoras, o grupo criou diferentes visões de futuro e definiu o que foi denominado de espaço de planejamento estratégico. Esse espaço de planejamento contém um número infinito de mundos.

O grupo de estudo enriqueceu os mundos por meio de "*backcasting*", de 2025 a 1996, construindo estórias plausíveis. Depois de concluir as estórias plausíveis, o grupo aumentou a robustez das estórias deduzindo a natureza de várias

características, tais como política internacional, atores, ambiente e tecnologia. Selecionando os mundos nos extremos das forças diretoras é possível abranger características de todos os mundos dentro do espaço. Depois de três meses de intenso trabalho, o grupo definiu as três forças diretoras do estudo, assim denominadas: Visão de Mundo Americana; ∆TeK; e Grade de Poder Mundial. A força diretora denominada "Visão de Mundo Americana" descreve a perspectiva que os EUA têm do mundo, e descreve a vontade e capacidade dos EUA de interagir com o resto do mundo. A força diretora "∆TeK" é definida como a habilidade de empregar tecnologia. Finalmente, a força "Grade de Poder Mundial" descreve ageração, transmissão, distribuição e controle do poder econômico, político, informacional e militar através do mundo. Cada força diretora possui dois extremos. A visão de mundo americana varia entre "doméstica" e "global". ∆TeK varia entre "estreito" e "exponencial", e Grade de Poder Mundial varia entre "concentrada" e "dispersa". Situando as três forças diretoras como eixos em um sistema de coordenadas tridimensional, criou-se o chamado "espaço de planejamento estratégico 2025", mostrado na Figura 18.

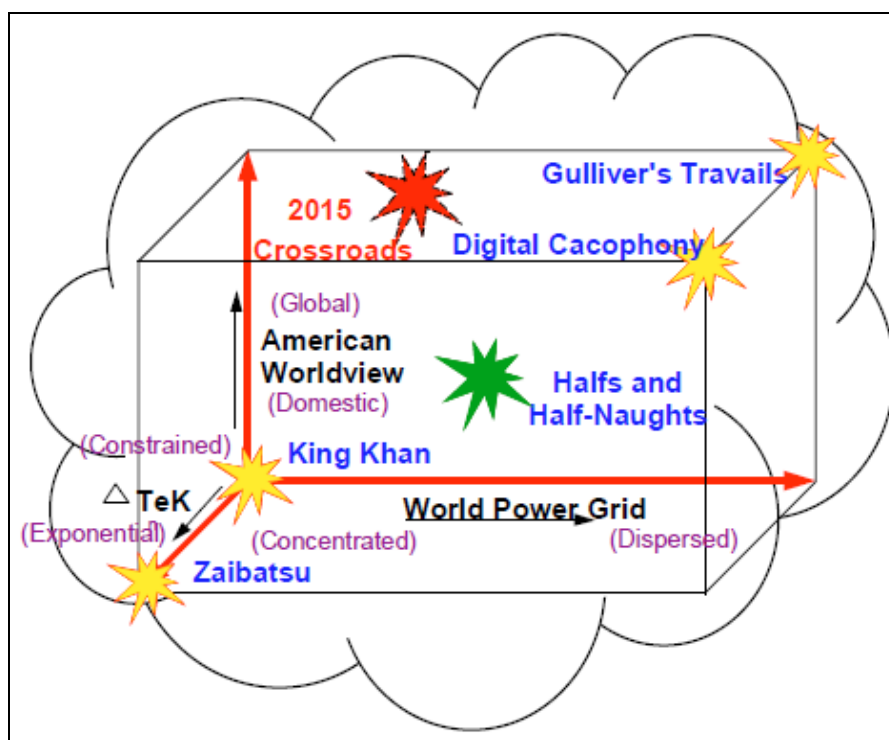



Figura 18: abordagem de análise prospectiva norte-americana

Fonte:USAF (1996)

Ao todo, foram desenvolvidos seis futuros alternativos, ou seja, seis mundos. Uma das finalidades desses mundos é analisar a viabilidade das idéias produzidas pelos participantes do grupo de estudos. A outra finalidade é trabalhar a criatividade dos participantes, a fim de visualizar os desafios para as forças militares do futuro.

Há alguns termos únicos na análise prospectiva norte americana que requerem definição para um melhor entendimento, a saber:

- futuro alternativo: uma descrição plausível, lógica, coerente, detalhada e consistente de um futuro ambiente operacional;
- mundo: é o mesmo que futuro alternativo;
- nome de mundo: o nome de um futuro alternativo deve condensar uma estória detalhada em poucas palavras;
- força diretora: um fator que contribui significativamente para a mudança que afeta o futuro. Forças diretoras devem estar fora do controle do patrocinador do estudo;
- dimensão: os valores extremos da força diretora;
- espaço de planejamento estratégico: uma região tridimensional definida pela interseção das três forças diretoras em eixos ortogonais; e
- estória plausível: os eventos significativos e os marcos temporais que explicam como um mundo futuro evolui a partir do presente.

O processo geral de elaboração de futuros alternativos é o seguinte:

1) identificar as forças diretoras;
2) definir as forças diretoras;
3) criar o espaço de planejamento estratégico;
4) nomear e selecionar mundos de interesse;
5) descrever a natureza e as características de cada mundo; e
6) desenvolver estórias plausíveis.

O primeiro passo na criação dos futuros alternativos foi a identificação das forças diretoras que serão mais influentes na formação do futuro. Esse processo começou com a divisão da análise prospectiva em 14 seminários. Cada seminário usou uma combinação de métodos científicos e não científicos para desenvolver

uma lista de potenciais forças diretoras. Os métodos científicos envolveram a análise de várias tendências, condução de pesquisa em vários tópicos, entrevistas com futuristas e cientistas respeitados, e a confecção de diagramas de afinidade. Os métodos não-científicos envolveram técnicas de pensamento criativo tais como *brainstorming*. Ao todo, mais de 100 possíveis forças diretoras foram geradas nesse processo. Um ou dois indivíduos foram então designados em cada seminário para avaliar todas essas potenciais forças diretoras. Esses indivíduos compuseram um grupo de trabalho. Esse grupo teve a tarefa inicial de identificar as forças diretoras mais relevantes para o cliente e que pudessem ter mais impacto sobre o futuro. O grupo cumpriu essa tarefa usando diagramas de afinidade a fim de reduzir a lista inicial em um número menor de forças.

Outros grupos de trabalho buscaram ideias sobre as futuras capacidades militares da Força Aérea americana principalmente via Internet. Usando os seis futuros alternativos como pano de fundo, os grupos anteciparam 25 tecnologias emergentes e 40 sistemas-conceito de armas ou capacidades para 2025. Todas as tecnologias e sistemas foram avaliados a luz dos critérios usuais na Força Aérea: consciência situacional, alcance e poder.

As dez capacidades/sistemas prioritários que emergiram da análise prospectiva realizada são: sistema de gerenciamento de informações global; base segura; sistema de vigilância, reconhecimento e aquisição de alvos global; sistema de ataque de área global; veículo aéreo de combate não-tripulado; LASER de alta energia baseado no espaço; LASER de alta energia solar; veículo aéreo não-tripulado de reconhecimento; microrobôs de ataque; aeronave espacial de estágio único tripulada.

As dez tecnologias prioritárias são: fusão de dados; sistemas de potência; dispositivos micromecânicos; materiais avançados; propelentes de alta energia; e computação de alto desempenho. O Quadro 13 apresenta as características do processo de análise prospectiva norte-americana.

Quadro 13: características do processo de análise prospectivan dos EUA

	Categoria	Evidência	Subcategoria
PREPARAÇÃO	Abordagem	Futuros Alternativos	AF
	Objetivo Geral	Visualizar o mundo em 2025 Apoiar o planejamento de longo prazo	EF SSP
	Objetivos específicos	Identificar forças diretoras Criar o espaço de planejamento estratégico (cenários) Selecionar os mundos de interesse Criar estórias plausíveis Desenvolver os detalhes dos mundos	ITec DOC
	Domínio	Política internacional atores ambiente e tecnologia	Pol – Ec - R&E - S&T – Soc - Mil
	Escala Territorial	Global	G
	Horizonte temporal	30 anos	L(30)
	Patrocínio	United States Air Force	Gov
	Tema	- relacionamento dos EUA com o resto do mundo - habilidade global de emprego da tecnologia - poder econômico, político, informacional e militar através do mundo	GPow E&T
	Participação	Grupo de Futuros Alternativos, cientistas, futuristas, engenheiros, etc	Exp
EXECUÇÃO	Objetivos Metodológicos	Estimular a criatividade entre os participantes Obter um entendimento comum a respeito dos mundos	SC CommU
	Técnicas	- Análise de tendências - Condução de pesquisa - Entrevistas com futuristas e cientistas - Diagramas de afinidade - Técnicas de pensa,mento criativo, como brainstorming - Seminários - Backcasting	-R&DA -CO -PE -Back -W
	Resultados	Seis diferentes cenários (“mundos”)	Sc
IMPLEMENTAÇÃO	Recomendação e Transformação	- planejameto de longo prazo - sevir como uma metodologia para análise prospectiva para o governo americano	SInfo

4.6 Espanha

O Sistema de Observação e Prospectiva Tecnológica de Defesa (SOPTD) foi estabelecido em 2003 como órgão integrante da Direção Geral de Armamento e Equipamento (DGAM), a fim de reunir o conhecimento científico-tecnológico disperso pela organização, capacitando-a a prover critérios técnicos para o Ministerio da Defesa (SPAIN, 2011). A esse respeito, a agencia ira conduzir as tarefas de coletar, processar e analisar toda a informação tecnológica, com as seguintes tarefas básicas:

- assessoria em planejamento estratégico para as atividades de P&D de curto e longo prazo; e

- assessoria para o processo de obtenção de sistemas com alto conteúdo tecnológico de interesse da defesa.

O sistema de observação e prospectiva tecnológica possui um centro de gerenciamento permanente e uma rede de observação. O centro de gerenciamento é constituído do coordenador e gerente do sistema, e vários engenheiros de sistemas e técnicos a cargo de atividades de coordenação, áreas tecnológicas e participação em fóruns de interesse da rede de observação tecnológica. Além disso, cada observatório possui uma estrutura coordenada de apoio, composta por um grupo de peritos do ministério da defesa e colaboradores externos, de acordo com seu conhecimento pessoal. A composição dos grupos de peritos e colaboradores e sua participação irá variar dependendo da área tecnológica tratada e sua maior ou menor importância e projeção tecnológica.

As principais funções a ser desempenhadas pelo Sistema de Observação e Prospectiva Tecnológica são: observação tecnológica no campo nacional e internacional; estudos prospectivos da área científico-tecnológica no médio e longo prazo para definir os avanços tecnológicos alinhados com o planejamento operacional; apoiar o DGAM na seleçãode tecnologias de interesse; apoiar o planejameto da P&D; apoiar o procsso de obtenção de sistemas com alto conteúdo tecnológico; apoiar a incorporação de novas tecnologias; avaliar periodicamente os

esforços de P&D; colaborar com organizações similares; e disseminar o conhecimento tecnológico em diferentes fóruns nacionais e internacionais de interesse.

Dada a complexidade e variedade de tecnologias aplicadas à defesa, existem atualmente nove observatórios associados a áreas tecnológicas. Essas áreas são diretamente relacionadas com atividades de P&D a ser desenvolvidas pelo Instituto de Tecnologia Marañosa. Os observatórios são: armas, munição, balística e proteção; sistemas eletrônicos; energia e propulsão; defesa QBNR; materiais; ótica, optrônica e nanotecnologia; VANT, robótica e sistemas aéreos; Tecnologia da informação, comunicações e simulação; e sistemas terrestres e navais.

A análise prospectiva realizada pela Espanha abrange a exploração de avanços científicos e tecnológicos, bem como seu potencial impacto na sociedade. Essa exploração enfatiza a identificação de fatores emergentes que produzem e originam mudanças e inovação. Também foca na identificação de área de desenvolvimento tecnológico e pesquisa científica que poderão influenciar e poduzir inovação, bem como benefícios econômicos e sociais pelos próximos 15 a 20 anos.

É importante diferenciar entre monitoramento, busca tecnológica e análise prospectiva, atividades que integram as diferentes formas de apoiar o planejamento em P&D. Busca tecnológica é uma atividade contínua que, apoiada pela atividade de observação tecnológica, permite aos observatórios situar-se em uma posição de analisar as tendências das diferentes tecnologias e conduzir previsões sobre a evolução das tecnologias emergentes, prioritárias e críticas, bem como sua aplicabilidade para os objetivos de defesa.

O processo lógico e cíclico dessas atividades é completado com um estudo prospectivo de tecnologias, cujo objetivo é apoiar e melhorar o planejamento da PD&I do ministério da defesa. A intenção desse estudo (realizado a cada quatro anos) é alcançar um consenso de opinião dos membros líderes da comunidade de pesquisa nacional e dos atores diretamente envolvidos no desenvolvimento

industrial e tecnológico espanhol, no que concerne à evolução científica e tecnológica futura na Espanha.

A fim de desenvolver a metodologia de análise prospectiva usada pelo SOPTD, analisou-se o ambiente internacional e os métodos usados em diferentes estudos prospectivos de vários países, resultado em um processo com periodicidade de quatro anos, e subseqüente disseminação dos resultados.

Todos os exercícios possuem duas fases: a primeira fase é mais geral, com uma análise *bottom-up*, buscando identificar as tecnologias com maior portencial para aplicação em defesa. Essa análise dá prioridade em focar as novas tecnologias e identificar as tecnologias emergentes, independente do fato desas tecnologias virem do meio da defesa ou não (technology-push).

A segunda fase é fundamentalmente orientada para a área de defesa, com grupos ou pequenos painéis de peritos que conduzem uma análise *top-down*, partindo de uma análise dos sistemas e capacidades atuais, a fim de vislumbrar as necessidades futuras da defesa (*demand-pull*). Finalmente, um trabalho de consolidação é realizado para comparação dos reultados obtidos nos dois processos, e extrair conclusões. A figura 19 apresenta a abordagem de análise prospectiva da Espanha.

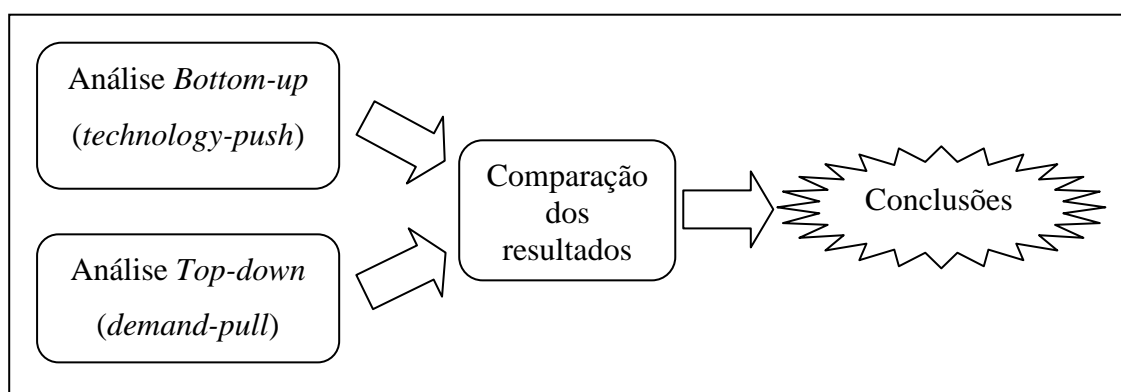



Figura 19: abordagem de análise prospectiva espanhola

Fonte: SPAIN (2011), adaptado pelo autor

Os participantes do processo de análise prospectiva em defesa espanhol são:

- a DGAM, por meio do SOPTD, o qual é o responsável pela gerencia das fases do processo, preparação das informações e equipamentos de tabalho, análise dos dados e confecção do relatório final.

- peritos da comunidade de defesa, tanto dos centros de tecnologia de defesa como da área operacional, todos com uma visão ampla dos sistemas de defesa.

- peritos em industria de defesa.

- peritos de universidades e centros de pesquisa civis.

O Quadro 14 sintetiza o processo espanhol de análise prospectiva.

Quadro 14: características do processo de análise prospectiva da Espanha

	Categoria	Evidência	Subcategoria
PREPARAÇÃO	Abordagem	Análise de dados	DA
	Objetivo Geral	Apoiar e melhorar o planejamento da P&D do Ministério da defesa	SSP
	Objetivos específicos	- Acompanhar a area tecnológica no ambiente nacional e internacional - Realizar análise prospectiva de médio e longo prazo - Definir os avanços tecnológicos alinhados com o planejamento operacional por capacidades	ITec
	Domínio	Informação tecnológica relevante	S&T
	Escala Territorial	Global	G
	Horizonte temporal	20 anos	L(20)
	Patrocínio	Direção Geral de Armamento e Equipamento (DGAM)	Gov
	Tema	Existem onve observatórios tecnológicos	E&T
	Participação	- DGAM - especialistas em defesa - especialistas da industria - especialistas da academia - especialistas de centros de pesquisa públicos	Exp
EXECUÇÃO	Objetivos Metodológicos	- Obter consenso sobre o futuro - Identificar desenvolvimentos tecnoloógicos	CommUn IdEmTec
	Técnicas	- Pesquisa individual e análise de dados - Painel de especialistas	(DW&DA) PE
	Resultados	- Antecipar necessidades tecnológicas futuras	ATec
IMPLEMENTAÇÃO	Recomendação e Transformação	- Planejamento estratégico de curto e longo prazpo para a P - Plano de obtenção de sistemas de alto conteúdo tecnológico agregado de interesse da Defesa	Strt SInfor

4.7 África do Sul

O processo de análise prospectiva em defesa da África do Sul, embora influenciado pelas abordagens de outros países, adotou uma abordagem própria para se adequar ao contexto sul-africano. Algumas das características únicas do processo são:

- consulta: talvez uma das características mais marcantes do processo de análise prospectiva sul-africano é o envolvimento amplo da comunidade no processo. O processo de análise prospectiva foi deliberadamente projetado para envolver interessados tais como industria, governo, trabalhadores e sociedade em geral. Essa abordagem participatoria inclusiva é uma tentativa de dar apropriação do processo a todos os setores da sociedade.

- metodologia: a abordagem metodológica adotada emprega uma combinação de técnicas. Inclui análise SWOT e pesquisa de opinião sobre P&D e tendências tecnológicas. A metodologia sul-africana difere de outras no sentido de que foram desenvolvidos macrocenários em C&T, de forma a fornecer um quadro de referências uniforme para todos os setores;

- setores de análise prospectiva: o processo de seleção dos setores de análise prospectiva é outra característica especial do processo sul-africano. Foi realizada uma série de *workshops* em todo o país, nos quais os participantes identificaram as prioridades futuras para a África do Sul. Os setores que foram selecionados refletem as metas do processo e possuem forças diretoras que incluem desenvolvimento social, desenvolvimento tecnológico e criação de riqueza.

O processo de análise prospectiva sul-africano tem por objetivo geral identificar as áreas de pesquisa e tecnologia bem como as oportunidades de mercado que são prováveis de gerar benefícios sócio-econômicos para a África do Sul no longo prazo (20 anos). O processo busca atingir os seguintes objetivos específicos:

- identificar as tecnologias e oportunidades de mercado mais prováveis de gerar benefícios para a Africa do Sul;

- desenvolver consenso sobre as prioridades futuras entre os diferentes interessados nos setores selecionados;

- coordenar o esforço de pesquisa entre os diferentes atores dos setores selecionados;

- chegar a um acordo sobre as ações necessárias nos diferentes setores visando tirar vantagem das tecnologias existentes e futuras.

O processo foi divido em três fases:

1) fase pré-análise prospectiva: refino do desenho do processo, consulta com interessados e seleção dos setores de análise prospectiva;

2) fase de análise prospectiva: um grupo de cerca de vinte e cinco indivíduos constitui os Grupos de Trabalho Setoriais (GTS), com a tarefa de analisar um dado setor e decidir sobre prioridades futuras. O grupo deverá chegar a um acordo sobre as ações necessárias nos diferentes setores a fim de tirar a máxima vantagem das tecnologias existentes e futuras.

3) fase pós-análise prospectiva: implementação dos resultados do processo de análise prospectiva.

A figura 20 ilustra a abordagem de análise prospectiva sul-africana.

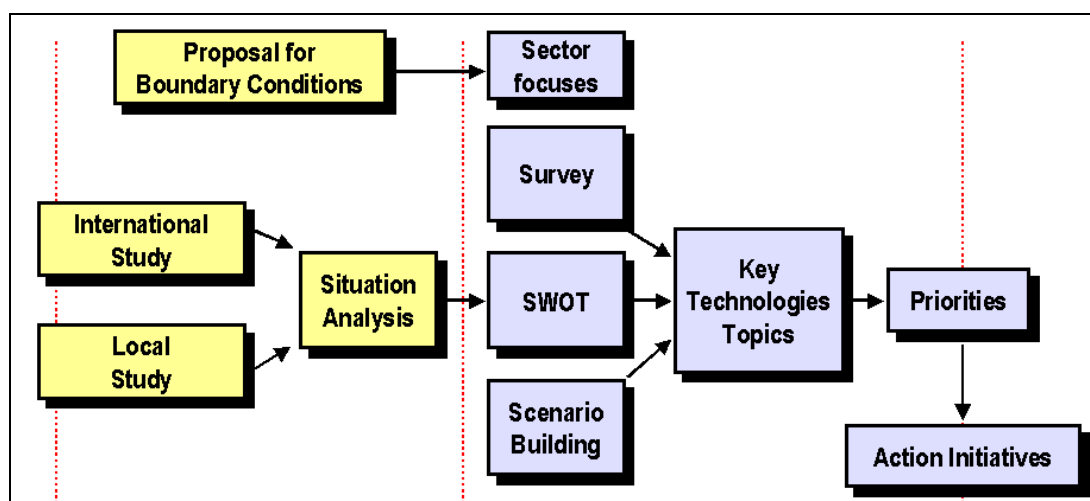



Figura 20: abordagem de análise prospectiva sul-africana
Fonte:SOUTHAFRICA (1994)

O processo de análise prospectiva elabora macrocenários, a partir do desenvolvimento de cenários do sistema de ciência e tecnologia na África do Sul, em um horizonte temporal de 20 anos. Cada setor define sua missão e área de interesse dentro do ambiente mais geral da ciência e tecnologia. A finalidade da missão e área de interesse é assegurar unanimidade de propósito ao grupo, bem como garantir integração e ligação com outros setores. As condições de contorno definem o foco do setor. O GTS investiga os futuros desafios sócio-economicos do setor e identifica o impacto que terão sobre os outros setores. O setor é analisado no contexto sul-africano, considerando contudo sua contribuição para a economia regional e global. O GTS então identifica oportunidades de mercado bem como requisitos de pesquisa e tecnologia necessários para melhorar o desempenho do setor, além de abordar questões sociais. As tarefas do GTS são:

- obter acordo sobre o foco do setor;
- analisar o atual status do setor;
- criar cenários para o setor;
- identificar desafios futuros para a pesquisa e tecnologia e oportunidades de mercado nos próximos 10 a 20 anos;
- identificar questões a ser pesquisadas;
- fazer recomendações sobre questões ou áreas transversais;
- compilar uma lista de prioridades de pesquisa e tecnologias para o setor;
- assessorar na identificação de temas de pesquisa e tecnologia para a definição de programas de pesquisa; e
- elaborar o relatório do setor.

Um grupo de consultores conduz um estudo do mercado tecnológico, políticas e tendências estratégicas atuais do setor no campo internacional. O coordenador do setor completa uma revisão do status atual do setor na África do Sul com foco na pesquisa e tecnologia. Baseado na informação obtida, é realizada uma análise da situação consistindo em análise do ambiente externo e interno do setor. São identificadas as forças, fraquezas, oportunidades e ameaças (SWOT) do setor.

As principais forças diretoras do setor são identificadas por meio de análise “STEEP” (social, tecnológica, econômica, ecológica, política). São desenvolvidos cenários específicos para o setor, alinhados com os macrocenários da ciência e tecnologia no país. As opiniões de pessoas com conhecimentos relevantes para o setor são obtidas por meio de pesquisa baseada em questionários. Essa pesquisa é focada nas percepções do status atual e futuro do setor, bem como em estratégias apropriadas para melhorar a competitividade. Com isso, é possível ao setor elaborar estratégias para os próximos 20 anos.

O GTS é o braço operacional do processo de análise prospectiva sul-africano. A tarefa do GTS é analisar o setor e identificar questões-chave, bem como as soluções em termos de P&D para os desafios do setor.

O trabalho do setor é realizado por meio de *workshops* com a participação dos membros do GTS. O processo começa com duas pesquisas de campo, preparadas previamente pelo GTS. A primeira pesquisa é do campo internacional, feita com o apoio de consultores; a segunda é uma pesquisa do campo nacional, sob a responsabilidade do coordenador do grupo.

De posse dessas duas pesquisas, o grupo identifica as forças, fraquezas, oportunidades e ameaças do setor (análise SWOT). Em seguida, o grupo identifica as incertezas-chave e, aplicando-as aos macrocenários, o grupo desenvolve seus próprios cenários específicos para o setor. O próximo passo do grupo é identificar os temas, forças diretoras e tendências relevantes ao setor, na forma de frases, as quais são então submetidas a um grupo maior de interessados por meio de nova pesquisa de campo. Os resultados da pesquisa de campo são analisados e apresentados como orientação para a futura P&D relevante para o setor, nos próximos 20 anos.A partir dessa análise, algumas tecnologias e áreas tecnológicas são identificadas, e estratégias são desenvolvidas, juntamente com algumas recomendações. O Quadro 15 apresenta a síntese das características do processo de análise prospectiva em defesa sul-africano.

Quadro 15: características do processo de análise prospectiva da África do Sul

	Categoria	Evidência	Subcategoria
PREPARAÇÃO	**Abordagem**	Desenvolvimento de Macrocenários	AF
	Objetivo Geral	Identificar areas de pesquisa tecnológica bem como oportunidades de mercado	ITec IOpp
	Objetivos específicos	- identificar tecnologias e oportunidades de mercado que são mais prováveis degerar benefícios para o País - desenvolver consenso sobre prioridades futures - coordenar o esforço de P&D. - obter acordo em ações necessárias em diferentes setores a fim de conseguir tirar vantagem das tecnologias existentes e futuras	ITec IOpp DevCon CoEff RAgree
	Domínio	Forças diretoras nos campos social, tecnológico, economico, ecológico e político (STEEP) e restrições dentro desses campos	Soc - S&T- Ec- R&E- Pol
	Escala Territorial	Global	G
	Horizonte temporal	20 anos	L(20)
	Patrocínio	governo	Gov
	Tema	Tecnologias para a defesa	E&T
	Participação	A comunidade como um todo foi envolvida no processo de análise prospectiva.	Ind-Gov-Acad-Gen
EXECUÇÃO	**Objetivos Metodológicos**	Chegar a um acordo sobre o futuro	CommUn
	Técnicas	Análise SWOT, cenários e pesquisa de opinião	SWOT-Sc-SO
	Resultados	Áreas tecnológicas	ATec
IMPLEMENTAÇÃO	**Recomendação e Transformação**	Estratégias para a indústria de defesa	Strt

4.8 Comparação dos Processos de Análise Prospectiva

Após o estudo dos seis processos de análise prospectiva, pode-se agora compará-los, usando o modelo conceitual desenvolvido, resumido no Quadro 16.

Quadro 16: comparação dos processos de análise prospectiva

		Holanda	França	Reino Unido	USA	Espanha	África do Sul
PREPARAÇÃO	Abordagem	DA	AF	AF	AF	DA	AF
	Objetivo Geral	DPS	EF	EF SSP	EF SSP	SSP	ITec IOpp
	Objetivos específicos	IO ITec AIC	IPT,DOp DOC,DEq ITec,AIC	AAF,ITr ISh,AR	ITec DOC	ITec	ITec IOpp DevCon CoEff RAgree
	Domínio	Ec C&T	Mil,Ec Pol,Soc C&T,R&A	Mil,Ec Pol,Soc C&T,R&A	Mil,Ec Pol,Soc C&T,R&A	C&T	Soc, C&T, Ec, R&A, Pol
	Escala Territorial	NI	G	G	G	G	G
	Horizonte temporal	NI	L(30)	L(30)	L(30)	L(20)	L(20)
	Patrocínio	Gov	Gov	Gov	Gov	Gov	Gov
	Tema	DefInd	C&D,E&T FC,HR Geo,DefInd	Env,E&T Gpow,CDef	GPow E&T	E&T	E&T
	Participação	Stak Exp	Stak Exp	Gov Ac Ind	Exp	Exp	WS
EXECUÇÃO	Objetivos Metodológicos	NI	SC CommUn	CommUn	SC CommU	CommUn IdEmTec	CommUn
	Técnicas	W R&DA EA	R&DA PE	W EC R&DA	R&DA EC PE Back W	R&DA PE	SWOT Sc SO
	Resultados	ATec	Sc RA	RA Sc	Sc	ATec	ATec
IMPLEMENTAÇÃO	Recomendação e Transformação	LP SInfo Strt Pol	Road Proj	SInfo	SInfo	SInfo Strt	Strt

(*) NI = Não identificado

De posse do quadro acima, é possível extrair algumas conclusões. Na fase de Preparação, pode-se observar que quatro abordagens (França, Reino Unido, USA e África do Sul) são baseadas em Futuros Alternativos, e duas (Holanda e Espanha) são baseadas em análise de dados. O objetivo geral de três processos é visualizar o futuro (França, Reino Unido e USA), e três têm como objetivo geral apoiar o planejamento estratégico (Reino Unido, USA e Espanha). Cinco países têm como objetivo específico identificar tecnologias (Holanda, França, USA, Espanha e África do Sul). O domínio está presente em todos os seis processos de análise prospectiva, e o domínio econômico está presente em cinco (exceto Espanha). Três processos (França, Reino Unido e USA) trabalharam em todos os domínios. A escala territorial é, em quatro processos, global (França, Reino Unido, USA e Espanha). O horizonte temporal é 30 anos em três processos (França, Reino Unido e USA). Apenas a Espanha e a África do Sul usam o horizonte temporal de 20 Anos. Todos os seis processos foram patrocinados pelos respectivos governos. Isso é esperado, uma vez que se está lidando com uma área sensível e típica de Estado, que é a defesa. O tema predominante nos processos foi a tecnologia. A participação nos processos parece estar mais focada em especialistas. Contudo, na África do Sul a abordagem de análise prospectiva consultou a sociedade como um todo.

Na fase de Execução, como objetivo metodológico, cinco processos tem a obtenção de entendimento comum (França, Reino Unido, USA, Espanha e África do Sul). Entre outras técnicas, a pesquisa e análise de dados está presente em todos os processos. Três processos usaram seminários (Holanda, Reino Unido e USA) e três usaram painel de especialistas (França, USA e Espanha). Os resultados da execução de três processos foram cenários futuros (França, reino Unido e USA). Como resultado da fase de execução, três processos obtêm Cenários (França, Reino Unido e USA) e três obtêm as áreas tecnológicas (Hol, Esp e AS).

Na fase de Implementação, verifica-se que o produto de quatro processos é informação estratégica (Holanda, Reino Unido, USA e Espanha). Holanda, Espanha e África do Sul desenvolvem estratégias e apenas a França tem como produtos *roadmaps* e projetos.

4.9 Conclusão Parcial

O estudo realizado neste capítulo foi fundamental para o entendimento das diversas metodologias de análise prospectiva em defesa. Após o estudo das metodologias de análise prospectiva em defesa dos seis países elencados, pode-se concluir parcialmente que são as seguintes as características mais comuns nesse tipo de trabalho:

- Abordagem: futuros alternativos.
- Objetivo geral: visualizar o futuro e apoiar o planejamento estratégico.
- Objetivos específicos: pelo menos, identificar tecnologias.
- Domínio: todos (político, econômico, militar, social, C&T, R&A).
- Escala territorial: global.
- Horizonte temporal: 20 a 30 anos.
- Patrocínio: governo.
- Tema: equipamentos e tecnologias
- Participação: especialistas e sociedade em geral.
- Objetivos metodológicos: compreensão comum sobre o futuro.
- Técnicas: pesquisa individual, painel de peritos, workshop.
- Resultados: cenários.
- Produtos: informação estratégica e estratégias.

Acredita-se que tenha sido a primeira vez que este tipo de estudo específico foi realizado, qual seja, o estudo e comparação de metodologias de análise prospectiva para o setor de defesa. A principal dificuldade foi obter informações detalhadas sobre os processos, certamente porque a defesa é uma área sensível para os países estudados. Contudo, esse trabalho foi de fundamental importância para a compreensão das metodologias utilizadas, o que contribuiu sobremaneira para a definição de uma metodologia própria para o setor de defesa nacional, a qual será apresentada no capítulo 6.

5 O SETOR DE DEFESA NO BRASIL

Este capítulo tem por objetivo concluir sobre as principais características do sistema de inovação em defesa, a partir da análise do panorama geral do setor de defesa no Brasil. Inicialmente, será apresentado um breve histórico do setor, focado na indústria de defesa. Foi desenvolvido um modelo conceitual para facilitar a análise do setor. O propósito é, ao final deste capítulo, alcançar uma compreensão abrangente do sistema setorial de inovação em defesa no País, e extrair algumas conclusões a respeito.

5.1 Histórico

Segundo AMARANTE (2004), a indústria de defesa no Brasil teve início em 1762, com a criação da Casa do Trem de Artilharia, na cidade do Rio de Janeiro. A Casa do Trem tinha por missão realizar manutenção e reparos nos equipamentos e armamentos das tropas, chamados “trens”. Atualmente, a Casa do Trem chama-se Arsenal de Guerra do Rio de Janeiro, uma organização militar do Exército Brasileiro situada no bairro do Caju, Rio de Janeiro, tendo completado, em 2012, 250 anos de existência. Em 1828 foi criado o Arsenal de Guerra de Porto Alegre. Em 1808, D. João VI criou a Fábrica Real de Pólvora da Lagoa Rodrigo de Freitas, no Rio de Janeiro. Em 1824, esse estabelecimento fabril foi transferido para a localidade de Magé-RJ, alterando sua denominação para Real Fábrica de Pólvora da Estrela. Atualmente, a Fábrica da Estrela é uma unidade fabril da empresa estatal Indústria de Material Bélico do Brasil (IMBEL), tendo completado, em 2008, 200 anos de existência (Amarante, 2004). Em 1898 foi criada a Fábrica do Realengo (estatal), para produção de munição de pequeno calibre, hoje desativada. Em 1909, foi criada a Fábrica de Piquete (estatal), para produção de pólvora de base simples. Atualmente, a Fábrica de Piquete chama-se Fábrica Presidente Vargas, produz pólvora e outros explosivos, sendo outra unidade fabril da IMBEL (AMARANTE, 2004).

A partir de 1930 foram criadas uma série de novas fábricas estatais. Em 1932 foi criada a Fábrica do Andaraí, para produzir granadas de artilharia e de morteiros, atualmente extinta. Em 1933 foram criadas as fábricas de: Curitiba (extinta), para produzir material de intendência e engenharia; Bonsucesso (extinta), para produção de material químico; Juiz de Fora, para munição de grosso calibre; e Itajubá, para produção de armamento leve. Essas duas últimas continuam em produção e são hoje unidades fabris da IMBEL. Em 1939 foi criada a Fábrica de Material de Transmissões (DELLAGNEZZE, 2012), hoje Fábrica de Material de Comunicações e Eletrônica, atualmente mais uma unidade fabril da IMBEL (AMARANTE, 2004). Em 1958 foi criada a empresa privada Engesa Engenheiros Especializados S.A. (DELLAGNEZZE, 2012). Seus principais produtos foram os carros blindados de rodas Urutu e Cascavel. Em 1988, a Engesa exportava carros blindados de rodas para mais de 18 países. A Engesa chegou a ter 11.000 empregados. Ao todo, a Engesa produziu 6.818 unidades de veículos, incluindo jeeps, caminhões e blindados. Em 1993, a Engesa foi declaradada falida (BASTOS, 2012). Entre 1980 e 1989 as exportações de produtos de defesa brasileiros atingiram uma média anual de US$ 266 milhões, sendo exportados principalmente para países do Oriente Médio, Norte da África e América Latina, conforme se observa na Figura 21.

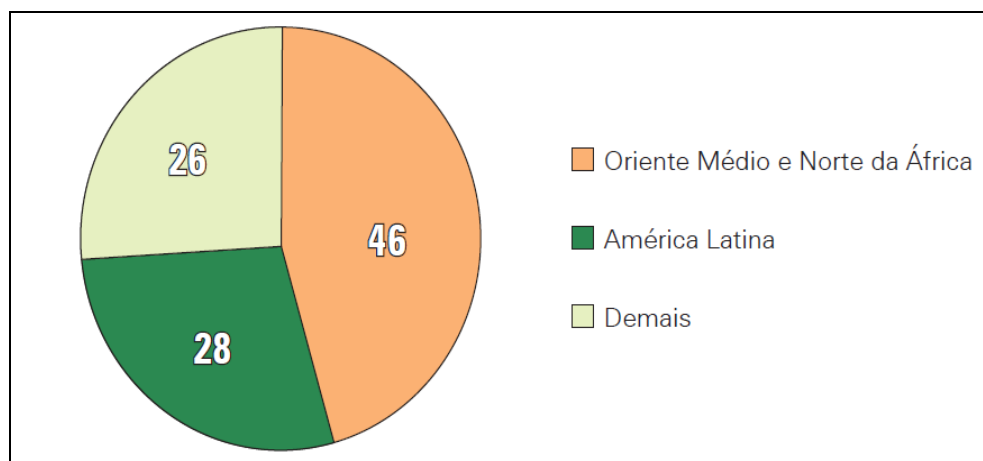



Figura 21: exportações de PED por região de destino (em %) (1980-1989)
Fonte: SIPRI (2010)

Nos anos 1990, a indústria de defesa brasileira entrou em declínio. Atualmente, há uma claro movimento do Estado no sentido de recuperar a Base Industrial de Defesa (BID), conforme será visto a seguir.

5.2 O setor de defesa no mundo

Antes de estudar o setor de defesa no Brasil é importante contextualizar o setor de defesa no mundo. Para tanto, é fundamental entender o conceito de Sistema de Ciência, Tecnologia e Inovação de Interesse da Defesa (SISCTID). Segundo o Ministério da Defesa brasileiro, SISCTID é definido como se segue:

> O conjunto de pessoas, instituições, procedimentos e ferramentas que visa viabilizar soluções científico-tecnológicas e inovações, para a satisfação das necessidades do Países (sic) atinentes à Defesa e ao Desenvolvimento Nacional (BRASIL, MD/MCT, 200, p.46).

Assim, verifica-se que o conceito de SISCTID quase que se confunde com o conceito de Sistema Setorial de Inovação no setor de defesa.

A China é um dos países em que o SISCTID se formou há mais tempo. Sua formação remonta ao século IX, quando a pólvora foi descoberta e passou a ser empregada para fins militares, segundo GALVÃO-NETTO (2011). A partir de então, o uso da pólvora espalhou-se para o Japão e a Europa, segundo Kelly (2005). Atualmente, o governo chinês vem adotando uma série de medidas concretas visando desenvolver seu SISCTID. Segundo HORTA (2009), diversas empresas chinesas têm procurado ampliar as vendas de produtos de defesa para o mercado latino americano, a saber: *China Northern Industries (Norinco); China South Industries Group (CSIG); Harbin Aircraft Manufacturing; Nanchang Aircraft Manufacturing Company; China State Shipbuilding (CSSC); e China Shipbuilding Industry Corporation (CSIC)*. Segundo Wang (2007), o governo chinês tem estimulado pesquisadores de universidades chinesas a buscar pacerias com empresas a fim de desenvolver pesquisas de interesse da defesa. No campo das instituições, é interessante notar que a Lei de Patentes chinesa data de 1985, portanto onze anos antes da lei brasileira que trata da matéria (GALVÃO-NETTO, 2011).

Segundo MOWERY e ROSENBERG (2005), o SISCTID dos Estados Unidos da América começou a ser efetivamente constituído a partir do final da Primeira Grande Guerra. Segundo esses autores, em 1915 fo fundado o National Advisory Committee on Aeronautics – NACA (Comitê Consultivo Nacional sobre Aeronáutica) e em 1923 o Office of Naval Research, Órgão integrante da Marinha norte-americana, que possui atualmente diversos laboratórios no País. Em 1941 foi fundado o O OSRD – Office of Scientific Research and Development (Escritório de Pesquisa e Desenvolvimento Científico), que encerrou suas atividades em 1947 (MOWERY e ROSENBERG, 2005). Em 1950 foi criada a National Science Foundation (NSF), agência financiadora de projetos. Esses autores destacam, ainda, que a política de compras militares do pós-guerra foi um importante fator institucional para impulsionar o surgimento e desenvolvimento de novas empresas do setor de defesa. Tais empresas, surgidas inicialmente no meio da P&D militar, posteriormente desenvolvem atividades civis, o que é denominado *spin-off*. Verifica-se que o SISCTID norte-americano, tal qual o chinês, beneficiaram-se de políticas de compras governamentais em defesa e do fomento de empresas que, após desenvolver produtos de defesa, aplicaram as mesmas tecnologias em produtos de uso civil, o que se convencionou chamar de “tecnologias de emprego dual”.

Segundo ODAGIRI e GOTO (1993), a formação do SISCTID no Japão remonta ao século XVI, quando aquele país começou a importar armas do ocidente e, simultaneamente, iniciu um processo de imitação daqueles produtos de defesa para obter domínio de tecnologia, processo esse que ficou conhecido como *catching up*. A partir de 1868, na Era Meiji, o Jpão passou a fomentar o desenvolvimento de sua industria de defesa, especialmente nos setores naval, aeroespacial, de munições, de aço e de telecomunicações (ODAGIRI e GOTO, 1993). Nesse período, uma grande parte das industrias japonesas era estatal, as quais foram sendo gradativamente privatizadas, à medida em que atingiam a “maturidade”. A exceção foram as industria de defesa, que em grande parte permaneceram nas mãos do estado (ODAGIRI e GOTO, 1993). Entre 1914 e 1930 foram criados cerca de 38 laboratórios de pesquisa vinculados às universidades japonesas e diversas outras instituições de pesquisa aplicada, com reflexos positivos no numero de patentes

depositadas (NELSON, 1993). A partir de 1945, dois segmentos importantes desenvolveram-se fortemente no Japão: o eletro-eletrônico e o automobilístico. ODAGIRI e GOTO (1993) afirmam que o modelo de política de CT&I adotado pelo Japão para o setor de defesa foi o mesmo adotado pelos demais setores, a saber: imitação de produtos importados, engenharia reversa, melhoria continuada e incremental, transferência de tecnologia de por meio de importação de bens de capital, capacitação continuada de pessoal de nível técnico e superior e, por fim, domínio tecnológico e obtenção de capacidade de inovação autóctone (ODAGIRI e GOTO, 1993). Finalmente, esses autores destacam a importância do papel das compras do governo para o desenvolvimento do setor de defesa.

Segundo ROGERS (1995), a Índia já fazia ciência antes da Era Cristã. Esse autor afirma que a política industrial indiana, a partir de 1948, estabeleceu que a indústria de defesa deveria ser conduzida pelo Estado, o que possibilitou àquele país estruturar seu SISCTID. Ainda de acordo com ROGERS (1995), o Ministério da Defesa, por intermédio de seu Departamento de P&D, possui mais de 50 laboratórios e institutos de pesquisa visando dominar tecnologias de interesse da defesa, sendo constituída por cerca de 5.000 pesquisadores e 25.000 técnicos e pessoal de apoio (Rogers, 1995). Segundo GALVÃO-NETTO (2011), a Índia possui Conselhos de Pesquisa que orientam a P&D em diversas áreas de interesse da defesa, a exemplo do Conselho de Pesquisa Naval, Conselho de Pesquisa Aeronáutico e Conselho de Pesquisa em Armamento. Segundo esse autor, a Índia possui 35 fábricas de armamento, sendo 8 estatais, a saber: *Hindustan Aeronautics Limited; Bharat Electronics; Bharat Earth Movers; Mazagon Dock Ltd; Garden Reach Shipbuilders and Engineering Ltd; Boa Shipyard Ltd; Bharat Dynamics Ltd; e Mishra Dhatu Nigam Ltd*. Finalmente, GALVÃO-NETTO (2011) destaca que a Índia vem aumentando significativamente seus acordos de *offset* na área de defesa, desde 2005, tendo como meta atingir um mínimo de 30% dos produtos de defesa importados por aquele país. Além disso, a Índia vem ampliando a parceria com as empresas privadas para a P&D conjunta de produtos de defesa (GALVÃO-NETTO, 2011).

5.3 Modelo conceitual

A teoria de setores de inovação de Franco Malerba estabelece que um setor de inovação é composto por três elementos principais: conhecimento e tecnologia; atores e redes; e instituições, conforme foi visto no capítulo 2. Dessa forma, inspirado no modelo genérico de sistema setorial de inovação de Malerba, elaborou-se o modelo mostrado na Figura 22, a fim de analisar e mapear o setor de defesa no Brasil, onde se observa os principais atores que fazem parte do setor. O conhecimento e tecnologia se encontra no centro do modelo. Os atores e instituições se encontam ao redor e são interligados por setas que representam a rede de interação que deve existir entre eles e a base de conhecimentos e tecnologias.

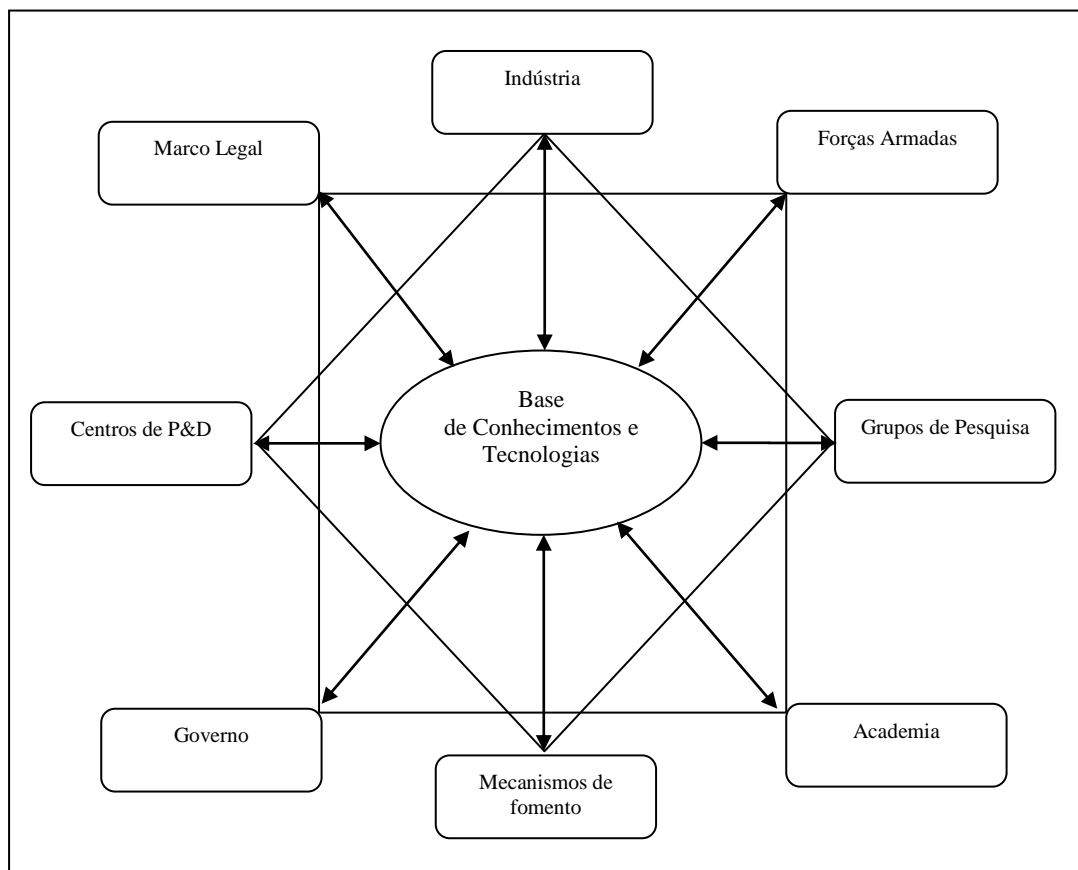



Figura 22: modelo conceitual de análise do setor de defesa

Fonte: o autor

5.4 Indústria

Esta seção apresenta o componente industrial do setor de defesa. Sem dúvida, trata-se de um dos mais importantes elementos constituintes do setor, responsável pela materialização dos produtos de defesa. A seguir, serão apresentados os principais atores que compõem a Base Industrial de Defesa (BID) brasileira e alguns de seus produtos mais destacados no mercado.

5.4.1 Visão geral

Um dos mais importantes componentes do sistema setorial de defesa no Brasil é a indústria. Um adequado ponto de partida para a análise da indústria de defesa é a Associação Brasileira das Indústrias de Materiais de Defesa e Segurança (ABIMDE). A ABIMDE é uma entidade civil, sem fins lucrativos, que congrega as empresas do setor de defesa. A ABIMDE patrocina, promove e representa os interesses e objetivos comuns das empresas do setor de defesa, atuando no relacionamento entre elas e o governo, a fim de agilizar e incentivar a comercialização, o desenvolvimento e a qualidade dos produtos de defesa brasileiros. A missão da ABIMDE é “congregar, representar e defender os interesses das empresas associadas, contribuindo na formulação de políticas públicas para o setor de Defesa, e para a criação e manutenção de uma Base Industrial, Logística, Científica, Tecnológica & Inovação forte e saudável, voltadas para a Defesa, em consonância com os objetivos de soberania nacional e da Constituição Brasileira” (ABIMDE, 2012).

A indústria de defesa no Brasil é denominada Base Industrial de Defesa (BID), definida como se segue: “É o conjunto das empresas estatais e privadas, bem como organizações civis e militares, que participam de uma ou mais das etapas de pesquisa, desenvolvimento, produção, distribuição e manutenção de produtos estratégicos de defesa (bens e serviços).” (BRASIL, 2012)

Um importante aspecto positivo da BID é que a maioria das empresas do setor de defesa possui capital nacional, conforme se pode observar na Figura 23.

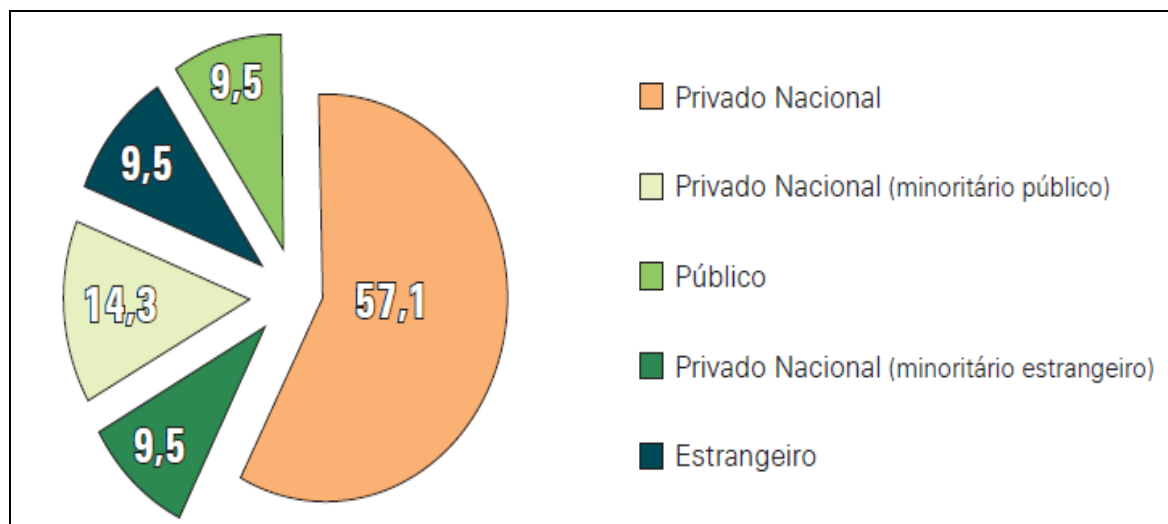



Figura 23: Distribuição por origem do capital (em %) (2010)

Fonte: Questionário e Pesquisa de Campo ABDI

A maioria das empresas da BID apresentou faturamento, no ano de 2010, acima de R$ 60 milhões, conforme mostra a Figura 24.

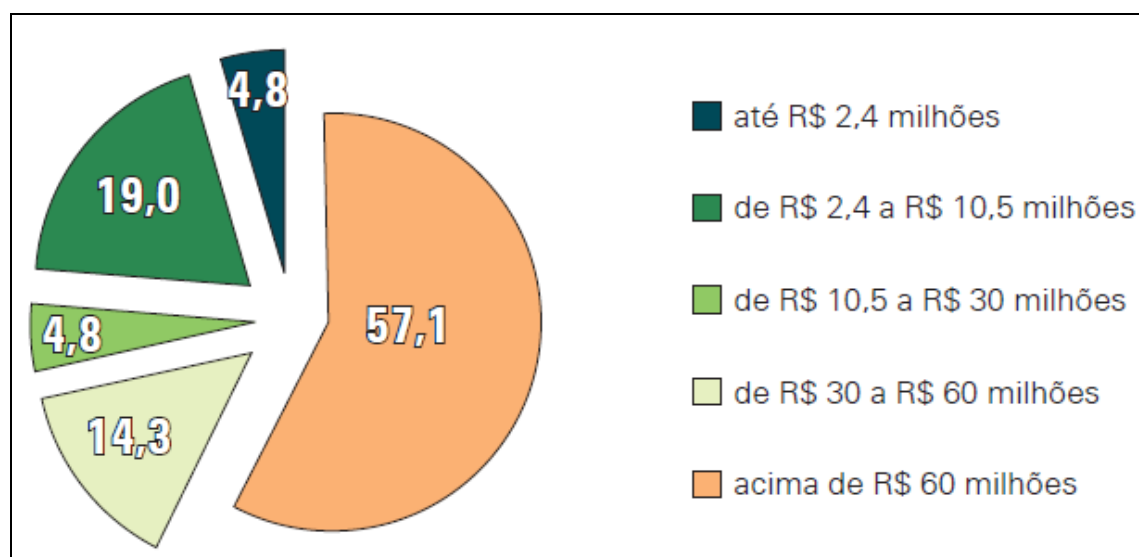



Figura 24: Distribuição por faixa de faturamento em 2010

Fonte: Pesquisa de Campo ABDI

Cerca de dois terços das empresas da BID possuem menos de 500 funcionários, conforme mostra a Figura 25.

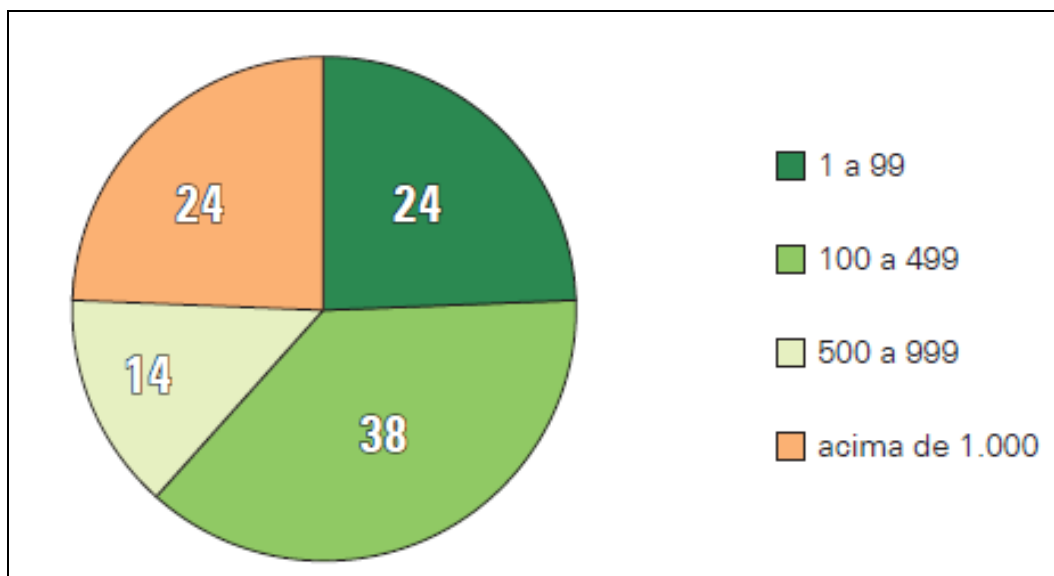



Figura 25: distribuição da BID por número de funcionários

Fonte: Pesquisa de Campo ABDI

Aproximadamente 42,3% dos funcionários da BID possuem nível superior, conforme a Figura 26.

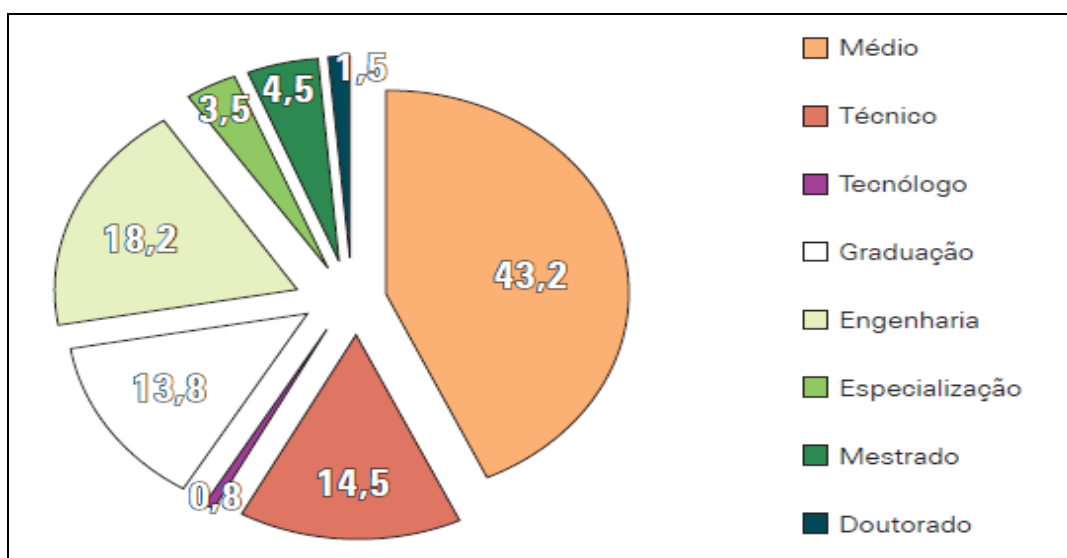



Figura 26: distribuição dos funcionários da BID segundo o grau de escolaridade.

Fonte: Pesquisa de Campo ABDI

A BID recebe expressivo volume de financiamento público, recebido por cerca de dois terços das empresas, conforme mostra a Figura 27.

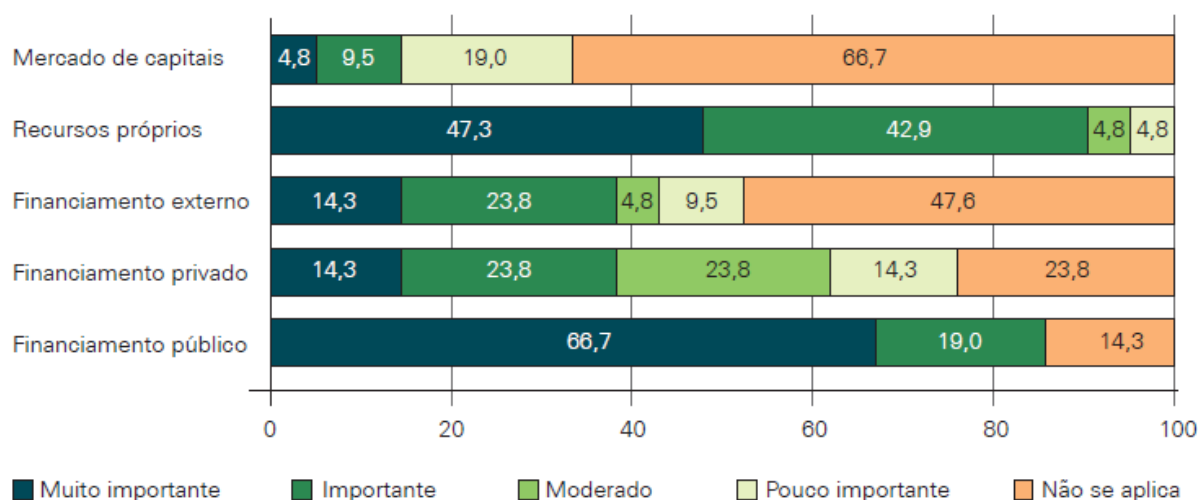



Figura 27: distribuição das empresas da BID por fonte de financiamento (%)

Fonte: Pesquisa de Campo ABDI

A BID apresenta um progressivo adensamento da cadeia produtiva. Cerca de 72% das empresas possui fornecedores locais, conforme mopstra a Figura 28.

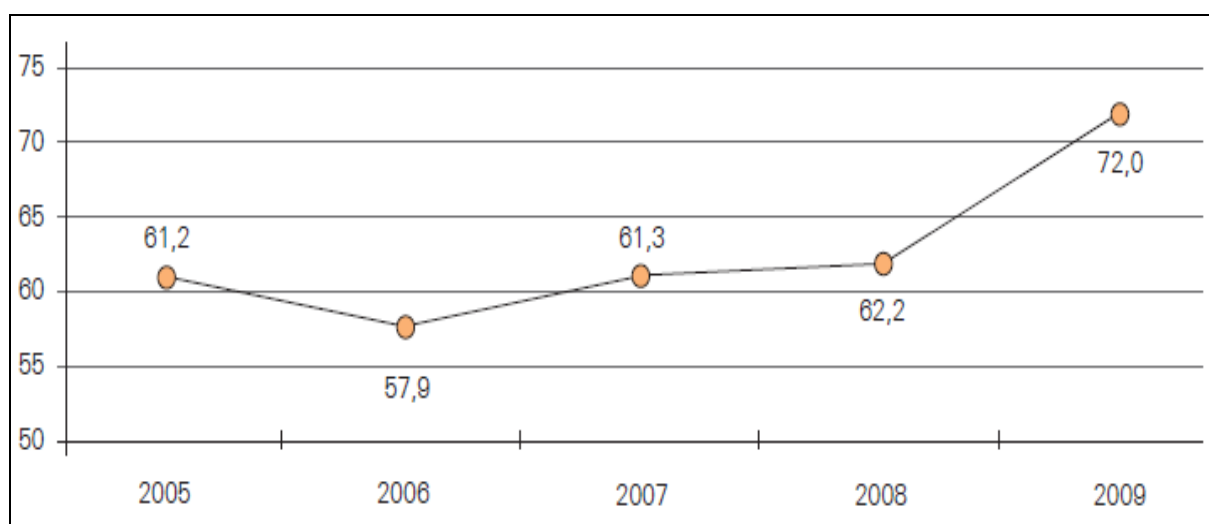



Figura 28: participação de fornecedores locais para as empresas da BID (%)

Fonte: Pesquisa de Campo ABDI

82% das empresas da BID são exportadoras, conforme mostra a Figura 29.

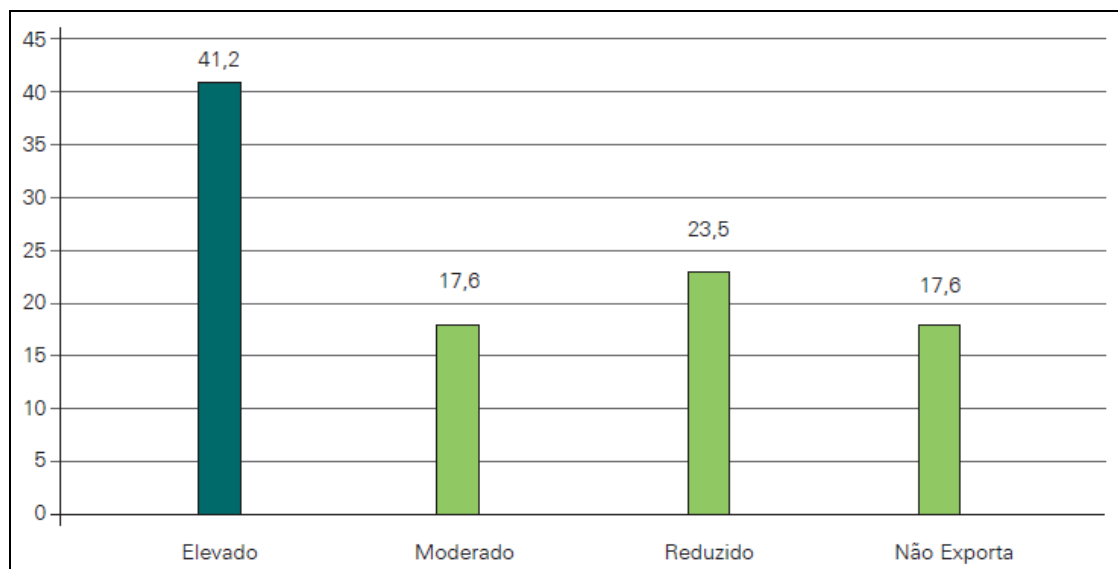



Figura 29: distribuição da BID por nível de exportação (%)

Fonte: Pesquisa de Campo ABDI

5.4.2 Gastos com inovação em defesa

Segundo levantamento feito pela UNICAMP, 81% das empresas da BID realizaram alguma atividade inovadora em 2010, seja de produto ou de processo, conforme se observa na Figura 30.

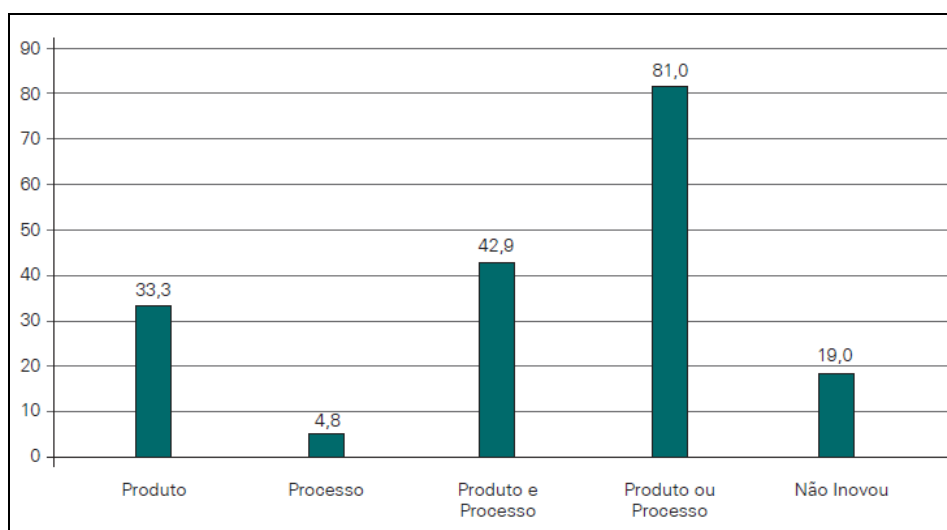



Figura 30: distribuição da BID segundo o tipo de inovação realizada (%)

Fonte: NEIT-IE-UNICAMP

Com relação ao gasto com atividades de inovação, as empresas da BID gastaram, em média, 10% do faturamento, sendo que 4,2% com atividades de P&D e 3,2% com inovação por meio de aquisição de bens de capital, como mostra a Figura 31.

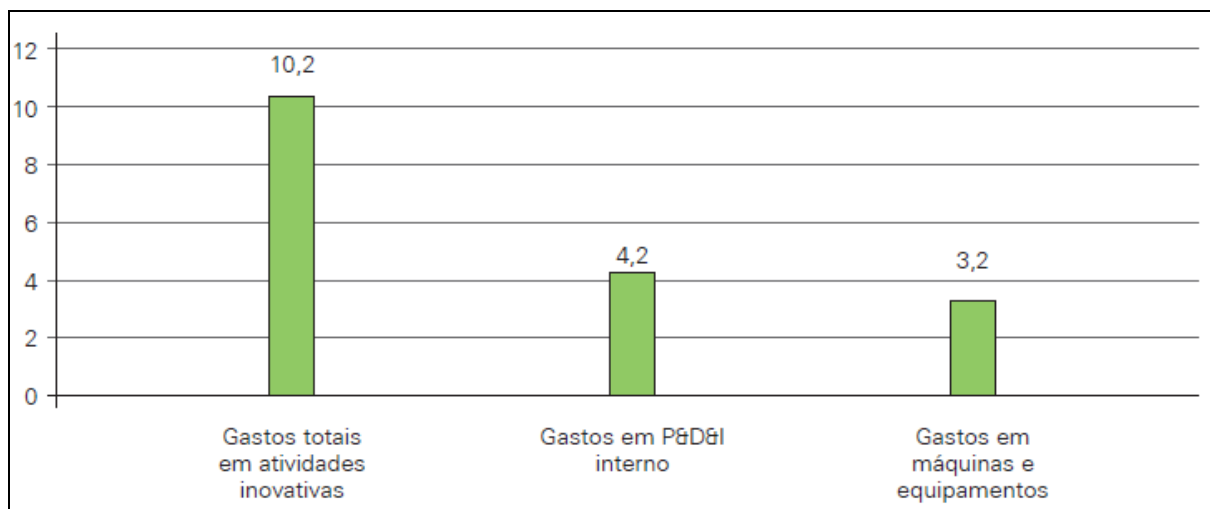



Figura 31: distribuição da BID segundo o tipo de gastos com inovação

Fonte: Pesquisa de Campo ABDI

Para 85% das empresas da BID, o financiamento público é o mais importante para inovação, conforme mostra a Figura 32.

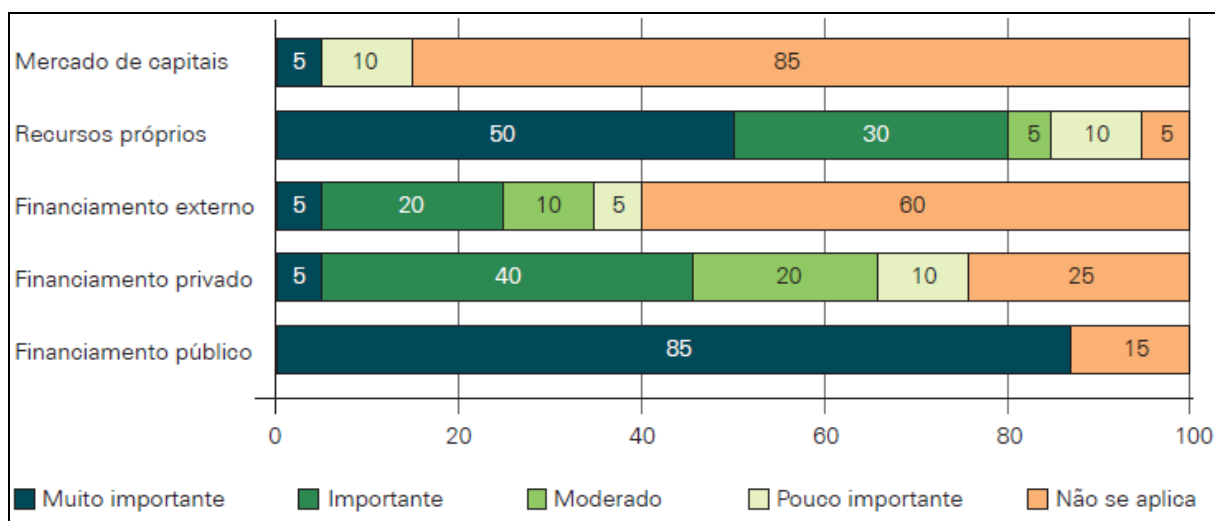



Figura 32: distribuição da BID segundo tipo de financiamento da inovação

Fonte: Pesquisa de Campo ABDI

5.4.3 Principais empresas da BID

No segmento de armas leves, munições leves e explosivos destacam-se as empresas Imbel (estatal) e as empresas privadas Taurus, CBC e Condor. A Imbel produz pistolas, fuzis e metralhadoras além de explosivos de uso civil e militar. Cerca de 45% da produção de armas leves da Imbel é exportada, principalmente para o mercado norte-americano, particularmente para o *Federal Bureau of Investigation* (IMBEL, 2012). A Figura 33 mostra alguns produtos da Imbel no segmento de armas leves e explosivos.

Figura 33: exemplo de explosivos e armas leves produzidas pela IMBEL

Fonte: IMBEL (2012)

No segmento de munições pesadas, A Imbel fabrica ainda munições para canhão de 90mm e munições de artilharia de105mm e 155mm, granadas para morteiro de 60mm, 81mm e 120mm, e propelentes para foguetes. No segmento de comunicações, a Imbel seu principal produto são os rádios de campanha. No segmento de material de intendência, fabrica modernas barracas de campanha. O principal cliente da Imbel nesses segmentos é o Exército Brasileiro (IMBEL, 2012). A Figura 34 apresenta um exemplo de munições pesadas, equipamento de comunicações e material de intendência produzidos pela Imbel.

Figura 34: munições, material de comunicações e de intendência.

Fonte: IMBEL (2012)

A Companhia Brasileira de Cartuchos (CBC) possui praticamente o monopólio nacional na produção de munições leves. Produz ainda, de forma secundária, armas decaça e esportivas e coletes à prova de bala. Produz munições para fuzil de 5,56 mm, 7,62 mm e para metralhadora .50, munição para pistolas e revólveres nos calibres .22 a .45, munições para armas de caça e pólvora. Cerca de 70% da sua produção é exportada. A CBC adquiriu recentemente duas fabricantesde munições européias, a alemã Metallwerke Elisenhutte Nassau (MEN), em 2007, e a tchecaSellier & Bellot, em 2009. A Figura 35 mostra exemplos de munições produzidas pela CBC (CBC, 2012).

Figura 35: exemplos de munições produzidas pela CBC

Fonte: CBC (2012)

A Forjas Taurus SA produz revólveres, pistolas, carabinas e metralhadoras, sendo atualmente uma das três maiores fabricantes mundiais de armas curtas, conforme mostrado na Figura 36. A maior parte da sua produção é exportada, possuindo também uma unidade nos EUA, a *Taurus International Manufacturing Inc*. (TAURUS, 2012).

Figura 36: exemplos de armas produzidas pela Taurus

Fonte: TAURUS (2012)

A Condor SA Indústria Química produzarmas e equipamentos não-letais, a exemplo dos que são mostrados na Figura 37. Mais de 70% de sua produção é exportada. O segmento de armas não-letais vem crescendo no mundo todo, especialmente para uso de forças de segurança pública, mas também devido ao crescimento do número de missões de paz (CONDOR, 2012).

Figura 37: exemplos de armas não letais produzidas pela Condor

Fonte: CONDOR (2012)

A Emgepron é uma espresa estatal, vinculada ao Ministério da Defesa por intermédio do Comando da Marinha. A Emgepron possui a Fábrica Almirante Jurandyr da Costa Muller de Campos (FAJCMC), onde são produzidas a munições pesadas de 105mm e 155mm para a Marinha. A Emgepron gerencia ainda projetos de construção e modernização de navios, além de prestar serviços oceanográficos (EMGEPRON, 2012).

A Britanite Industrias Quimicas SA produz explosivos, cordel detonante, espoletas e outros acessórios de detonação. Recentemente, a Britanite, em conjunto com a Mectron e com o Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE) da Força Aérea, desenvolveu um sistema de guiamento para bombas de queda livre lançadas de aeronaves, denominado SMKB, mostrado na Figura 38 (BRITANITE, 2012).

:

Figura 38: sistema de guiamento SMKB

Fonte: BRITANITE (2012)

A Avibras fabrica sistemas de artilharia de foguetes de saturação de área, denominado sistema “Astros”. Pode tanto ser utilizado como terra-terra quanto terra-mar. O Astros é um sistema multicalibre que pode lançar foguetes a uma distância de até 80 Km. A Avibras fabrica ainda foguetes terra-ar de 70mm (Skyfire) para uso a partir de aeronaves. Desenvolveu também um Veículo Aéreo Não- tripulado (VANT), com alcance de 150 Km, denominado “Falcão”. A Figura 39 mostra exemplos dos aludidos produtos da Avibrás (AVIBRAS, 2012).

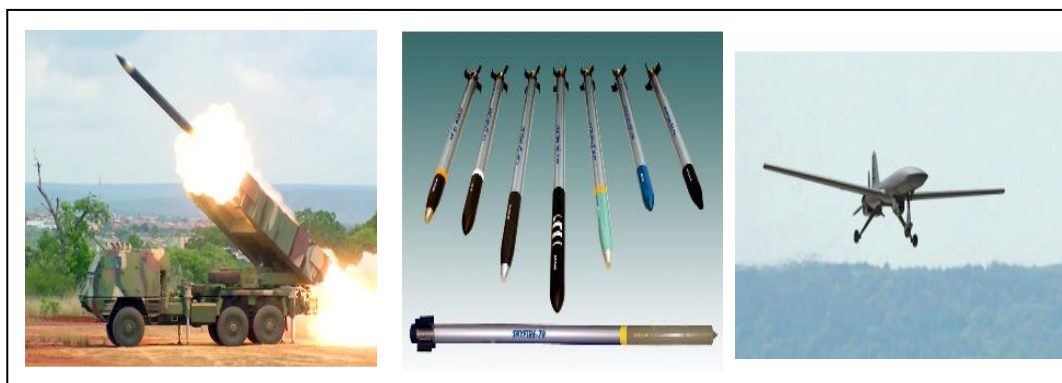



Figura 39: Astros, foguetes Skyfire e VANT Falcão

Fonte: AVIBRAS (2012)

A Mectron tem uma atuação destacada na área de missilística. Além de diversos mísseis ar-ar, a empresa desenvolveu um míssil anticarro, em conjunto com CTEx, denominado Míssil Solo-Solo 1.2. Trata-se de um míssil com alcance de 2.000 m, guiado por feixe de LASER. Portanto, esse míssil tem com uma de suas principais vantagens não poder ser "enganado" por contra-medidas, o que ocorre com os mísseis guiados por calor. Uma das desvantagens é a necessidade de o míssil ser conduzido por um operador, que deve apontar o feixe LASER para o alvo. A Figura 40 mostra o MSS 1.2 (MECTRON, 2012)

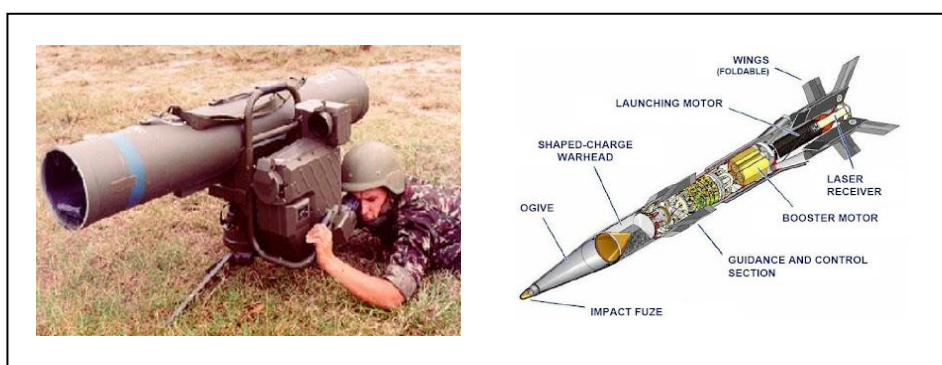



Figura 40: missil anticarro MSS 1.2

Fonte: Mectron (2012)

A Orbisat fabrica radares de vigilância. O primeiro a ser produzido é o radar SABER M-60, também em conjunto com o Centro Tecnológico do Exército. Com um alcance de 60 Km, o radar pode monitorar 60 alvos aéreos simultaneamente. A linha de produçao do SABER M-60 encontra-se no Arsenal de Guerra de São Paulo, unidade do Exército Brasileiro subordinada ao Departamento de Ciência e Tecnologia. A Figura 41 mostra o radar SABER M-60 (ORBISAT, 2012).

Figura 41: Radar SABER M-60

Fonte: ORBISAT (2012)

A empresa Indústria Naval do Ceará (INACE) e a empresa Estaleiro da Ilha SA (EISA) estão fabricando navios-patrulha marítima da classe Macaé, a partir do projeto do navio da empresa francesa *Constructions Mécaniques de Normandie*. O navio desloca 500 toneladas, possui 55,6 m de comprimento, está armado com um canhão de 40mm e duas metralhadoras de 20mm e atinge a velocidade de 21 nós. Ao todo, serão construídos 27 navios da classe Macaé, mostrado na Figura 42 (INACE, 2012).

Figura 42: navio-patrulha marítima da classe Macaé

Fonte: INACE (2012)

O Setor de Plataformas Aeroespaciais é atualmente o mais amplo da BID brasileira tanto pelo número e porte das empresas participantes, como por envolver diversos segmentos industriais. A Embraer é, atualmente, a maior empresa da BID brasileira, apesar do setor de defesa representar menos de 10% das suas receitas. Atualmente a participação da empresa no mercado de aeronaves militares está focada em dois nichos, o de aviões turboélices para treinamento militar e ataque leve, com o EMB-314 Super Tucano, e o de aviões de vigilância eletrônica construídos em plataformas comerciais, no caso os modelos EMB-145 AEW&C e RS/AGS. Buscando ampliar sua participação no segmento militar, a Embraer está investindo, em conjunto com a FAB, em torno de R$ 2,3 bilhões no programa KC-390, um avião a jato de transporte militar tático e reabastecimento aéreo. O contrato para desenvolvimento foi assinado em 2009 e no ano seguinte a FAB confirmou uma encomenda inicial de 28 aeronaves, cujas primeiras entregas estão previstas para 2016. A Figura 43 mostra o Super Tucano, o EMB-145 AEW&C e o KC-390, os três principais produtos de defesa da EMBRAER (2012).

Figura 43: aeronaves Super Tucano, EMB-145 AEW&C e KC-390

Fonte: EMBRAER (2012)

A SantosLab desenvolveu e produz o Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) “Carcará”, mostrado na figura 44, o qual alcança 8 km e consegue voar a 3.500 m de altitude, embora tenha sido concebido para voar a 200 metros. Seu motor elétrico garante uma operação silenciosa e discreta com velocidade padrão de 40 km/h e consegue funcionar durante 60 a 95 minutos. Pesando apenas 2 kg, ele tem uma câmara móvel com zoom de 10X ou um sensor de infra-vermelhos (SANTOSLAB, 2012).

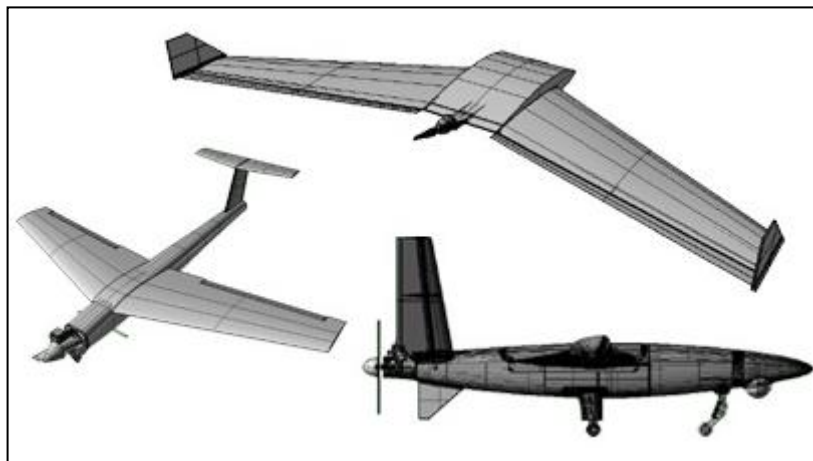



Figura 44: VANT Carcará

Fonte: SANTOSLAB (2012)

A Helibras é a única empresa da BID que produz helicópteros. No entanto, a produção está restrita a montagem de peças e componentes importados da Eurocopter (grupo EADS), da qua a Helibrás é subsidiária. Atualmente, a empresa possui uma encomenda do MD para produzir 50 helicópteros EC-725, mostrado na Figura 45. Há a perspectiva de atingir um índice de nacionalização de 50% na fabricação desses helicópteros (HELIBRAS, 2012).

Figura 45: Helicóptero EC-725

Fonte: HELIBRAS (2012)

A Agrale produz uma família de veículos 4x4 para uso militar. O Exército Brasileiro já,adquiriu mais de 100 unidades da viatura Agrale Marruá, mostrada na Figura 46 (AGRALE, 2012).

Figura 46: viatura Agrale Marruá

Fonte: AGRALE (2012)

Para o desenvolvimento e a produção de uma nova família de veículos blindados, depois de um processo de licitação encerrado em 2007, foi contratada a Iveco Brasil, subsidiária do grupo Fiat voltada para produção de veículos pesados, cuja matriz italiana possui uma unidade especializada em veículos militares. No Brasil, a Viatura Blindada de Transporte de Pessoal Média de Rodas 6x6 (VBTP-MR), mostrada na Figura 47, está sendo desenvolvida em conjunto com o Centro Tecnológico do Exército (CTEx). O contrato inicial, assinado em 2009, prevê a fabricação no Brasil de 2.044 unidades do VBTP-MR em um período de 20 anos (IVECO, 2012).

Figura 47: VBTP-MR "Guarani".

Fonte: Iveco (2012)

5.5 Forças Armadas

Nesta seção serão apresentadas as principais organizações militares que participam de atividades de apoio à BID.

5.5.1 Arsenais de Guerra

O Exército Brasileiro possui atualmente três Arsenais de Guerra (AG), localizados no Rio Janeiro-RJ, São Paulo-SP e General Câmara-RS. Ao longo de mais de 250 anos de história, o Arsenal de Guerra do Rio de Janeiro (AGR) vem apresentando uma extensa folha de serviços prestados nas mais diversas atividades. A partir de 1996, após atuar longos anos focado na manutenção e recuperação de Materiais de Emprego Militar, o Arsenal retomou sua aptidão fabril com a produção dos morteiros raiados de 120 mm, de geradores elétricos, com a confecção de capacetes de comunicações para tripulações de blindados, miras laser para FAL, montagem de óculos de visão noturna, morteiros de de 60 e 81 mm . Paralelamente, o AGR é referência para o Exército na manutenção de optrônicos, armamento pesado, material de comunicações e eletrônica e engenharia. No final da década de 90, o AGR também passou a ser responsável pela manutenção dos sistemas ASTROS II e EDT-FILA, mas, em meados de 2004, essas atividades saíram da competência do AGR.

Em 2005, o AGR migrou para a estrutura do Sistema de Ciência e Tecnologia do Exército, passando a integrar o Departamento de Ciência e Tecnologia (DCT), através da Diretoria de Fabricação (DF). Passou, então, cumulativamente com seus encargos fabris e de manutenção modificadora e reparadora, a desenvolver intenso trabalho em apoio às pesquisas daquele Sistema.

A missão do AGR é: fabricar, em estreita parceria com a indústria brasileira, sistemas de emprego militar em proveito do Programa de reaparelhamento da Força Terrestre; ser o braço fabril do Sistema de Ciência e Tecnologia do Exército; e

produzir subsistemas, componentes, acessórios, ferramentas, sobressalentes e consumíveis de difícil obtenção, em proveito do incremento da disponibilidade dos atuais Sistemas de Emprego Militar da Força Terrestre.

As atividades de fabricação desenvolvidas no Arsenal de Guerra do Rio são conduzidas no intuito de atender a demanda de produção de determinados tipos de materiais de emprego militar de interesse da Força Terrestre. O Arsenal de Guerra do Rio possui também uma infraestrutura fabril com capacidade para atender diversas necessidades em serviços. Alguns dos serviços disponíveis no AGR: usinagem; serralheria; fundição; tratamento superficial; Manutenção de Material Optrônico; e Manutenção de Comunicações. Dentre os seus trabalhos mais importantes, destaca-se o Morteiro Pesado 120 mm M2 Raiado (Mrt P 120 M2R), mostrado na Figura 48, desenvolvido pelo Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento (atual CTEx), que vem sendo fabricado pelo AGR desde a fase de lote-piloto em meados de 1997. A divisão de Optrônicos, inaugurada em 1996, foi pioneira no Exército Brasileiro. Hoje é referência, cooperando com as demais organizações na formação de mão de obra especializada. Funcionam atualmente a linha de montagem dos óculos e monóculos de visão noturna e a linha de fabricação de mira laser.

Figura 48: Morteiro Pesado 120 mm M2 raiado

Fonte: o autor

O Arsenal de Guerra de São Paulo (AGSP) tem como principal vocação a modernização e revitalização de viaturas blindadas.O AGSP revitalizou as viaturas blindadas de transporte de pessoal sobre rodas EE-9 Urutu, que já contavam com mais de trinta anos de uso pelo Exército, e vem prosseguindo com a revitalização das viaturas blindadas de reconhecimento EE-11 Cascavel. Além disso, realiza a adequação de viaturas Urutu para emprego pelas forças de paz da ONU no Haiti. As viaturas são completamente desmontadas e reformadas, refortando ao estado de "zero Km" conforme, mostra a Figura 49. Outros produtos do AGSP incluem grupos geradores, conjuntos de iluminação elétrica e redes de camuflagem.

Figura 49: linha de manutenção das viaturas blindadas

Fonte: BASTOS (2012)

O terceiro Arsenal de Guerra do Exército é o de General Câmara. Situado a 80 Km de Porto Alegre, foi fundado em 1773. A vocação do AGGC é a manutenção de armamento pesado, como os obuseiros 105 e 155 mm e o canhão antiaéreo 40 mm. No entanto, o arsenal também realiza manutenção de armamento leve, tais como pistolas 9 mm, fuzis 7,62 mm e metralhadoras .50, e manutenção de material de engenharia, como pontes flutuantes. O AGGC destaca-se ainda no desenvolvimento e fabricação de peças importadas de difícil obtenção no mercado nacional, empregando, inclusive, engenharia reversa para a nacionalização de componentes. Atualmente, o Exército estuda o fechamento do AGGC.

5.5.2 Arsenal de Marinha

O Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro (AMRJ), fundado em 1763, tem por missão construir, manter e reparar os meios navais da Marinha do Brasil. É um dos poucos estaleiros no mundo com capacidade de construir submarinos, já tendo construído quatro unidades. Atualmente, o principal projeto de P&D da Marinha do Brasil é o submarino de propulsão nuclear. Dentro de um acordo de cooperação estratégica entre o Brasil e a França, no final de 2008 foi assinado um amplo contrato de transferência de tecnologia no valor de R$ 16,6 bilhões que prevê a construção: a) de quatro submarinos da classe Scorpène, mostrado na Figura 50; b) da parte não nuclear do primeiro submarino nuclear brasileiro; c) do estaleiro de construção naval, onde serão produzidos os cinco submarinos; e d) de uma base naval de submarinos para a Marinha do Brasil junto ao estaleiro, no município de Itaguaí (RJ).

Este projeto será conduzido pelo Consórcio Baía de Sepetiba (CBS), joint venture criada no final de 2009 pela empresa francesa DCNS — detentora da tecnologia — e pela brasileira Odebrecht. O projeto envolve uma grande cadeia de fornecedores, dentre os quais se destacam: NitroQuímica, do grupo Votorantin (produtos químicos), Alcoa (alumínio), Sactres (forjaria), Villares Metals (aços), Nuclep (estruturas), Jaraguá (estruturas), Weg (motores elétricos) e Genpro (serviços de engenharia). Cabe ressaltar que a quase totalidade das embarcações militares construídas no Brasil — desde pequenas lanchas-patrulha até os submarinos da classe Tupi — foi produzida no Arsenal de Marinha (AMRJ, 2012).

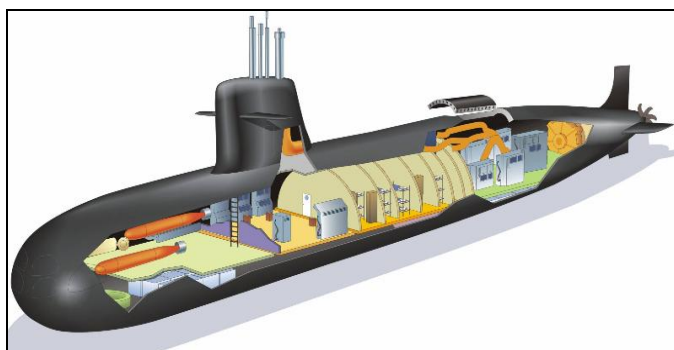



Figura 50: Submarino Scorpene
Fonte: AMRJ, 2012

5.6 Governo

Esta seção analisa a participação do governo no setor de defesa com base em dois aspectos principais que dependem fortemente de ações governamentais: os gastos em defesa e o comércio exterior de produtos de defesa. Muitos dados foram obtidos no sítio do Instituto de Estocolomo para a Pesquisa da Paz Internacional (SIPRI) e *do International Institute for Strategic Studies* (IIS), de Londres.

5.6.1 Gastos em defesa x gastos militares

É importante diferenciar os gastos em defesa dos gastos militares. Os gastos em defesa incluem todas as despesas do Ministério da Defesa, inclusive pagamento de pessoal. Os gastos militares são caracterizados pelos investimentos em equipamentos, sistemas e materiais de emprego militar.

Pode-se conceituar produto de defesa como "as mercadorias e serviços necessários ao cumprimento das missões de defesa e segurança atribuídas às Forças Armadas ou Forças de Segurança" (Lange, 2007). Deste produtos de defesa, existe ainda uma subcategoria que são os produtos estratégicos de defesa, definidos como os "bens e serviços que pelas peculiaridades de obtenção, produção, distribuição, armazenagem, manutenção ou emprego possam comprometer, direta ou indiretamente, a consecução de objetivos relacionados à segurança ou à defesa do país" (LANGE, 2007).

O setor de defesa possui características muito peculiares, que o diferenciam dos demais setores da economia. Uma das características marcantes do setor de defesa é que os seus produtos não obedecem uma lógica de mercado convencional. Melhor dizendo, os produtos de defesa são extremamente dependentes das compras governamentais. Essa situação fica ainda mais crítica quando se trata de produtos estratégicos de defesa, a exemplo de submarinos, aviões de combate e outros itens. Ou seja, o mercado de defesa pode ser considerado como

oligopsônico, ou mesmo monopsônico. Diz-se também que é um setor de "não-mercado". A Figura 51 mostra a evolução dos gastos em defesa no Brasil como participação do PIB, no período de 1990 a 2009.

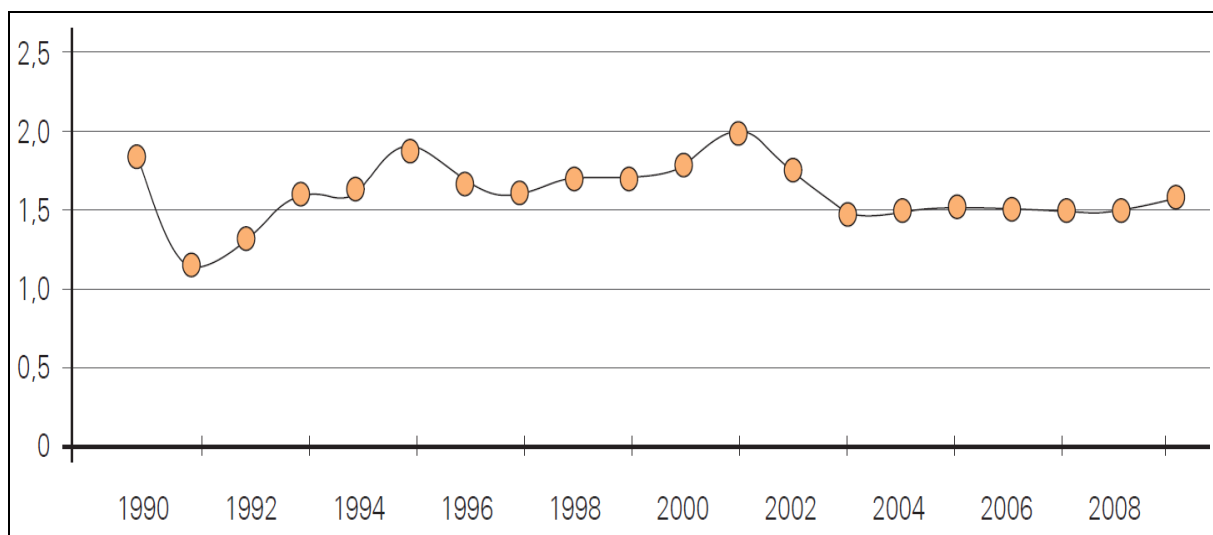



Figura 51: gastos em defesa como participação do PIB (%)

Fonte: SIPRI. Elaboração NEIT-IE-UNICAMP

Outra característica notável do setor de defesa é que seus produtos estão sujeitos a restrições de acesso por parte dos países que os produzem. Uma das conseqüências desse fato é que a Organização Mundial do Comércio (OMC) não regula o comércio internacional de produtos de defesa. O Art. XXI do Acordo Geral de Tarifas e Comércio trata das denominadas "Exceções de Segurança" onde indica que nenhuma disposição do Acordo será utilizada no comércio de armas, munições e material de guerra e a todo o comércio de outros artigos e materiais destinados direta ou indiretamente a assegurar o aprovisionamento das Forças Armadas (GATT, 1947).

O orçamento da defesa no Brasil vem apresentando um ligeiro crescimento, acima do crscimento do PIB, conforme mostra a Tabela 1. Verifica-se que, enquanto o PIB cresceu cerca de 16% entre 2006 e 2009, o orçamento da defesa cresceu aproximadamente 23% no mesmo período. Verifica-se, ainda, que os investimentos da Defesa cresceram significativamente no período, cerca de 77%, acompanhando o crescimento dos investimentos da União de uma forma geral (cerca de 70%).

Tabela 1: participação da Defesa na economia brasileira

Indicadores	Valor (R$ milhões)*				Taxa de Crescimento (%)
	2006	2007	2008	2009	2006-2009
PIB	2.719.723	2.953.328	3.161.843	3.143.015	*15,6*
Orçamento da Defesa	41.594	43.831	45.999	51.083	*22,8*
Investimentos da União	20.064	24.534	29.745	34.137	*70,1*
Investimentos da Defesa	2.645	3.235	4.158	4.691	*77,4*

* Valores constantes de 2009: corrigidos pelo IPCA (IBGE).

Fonte: SIAFI. Elaboração NEIT-IE-UNICAMP

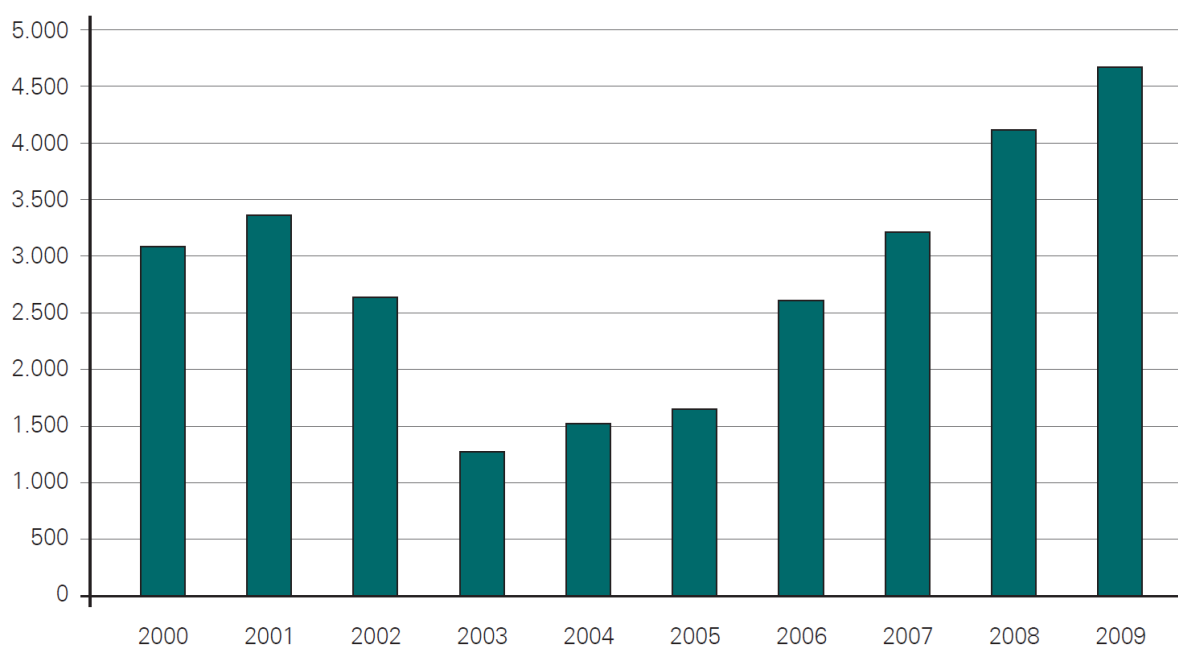
Após 2003, quando os investimentos do Ministério da defesa atingiram seu menor patamar (cerca de R$ 1 bilhão*) os investimentos da defesa retomaram uma trajetória de crescimento, conforme apreentado na Figura 52.

* Valores constantes de 2009: corrigidos pelo IPCA (IBGE).

Figura 52: orçamento do MD: investimento (em milhões R$), 2000-2009

Fonte: SIAFI. Elaboração NEIT-IE-UNICAMP

Analisando-se a distribuição dos gastos do Ministério da Defesa (MD) por grupo de natureza de despesa (GND), verifica-se que os investimentos passaram de 6,1%, em 2006, para 9,2% em 2009, conforme mostra a Figura 53.

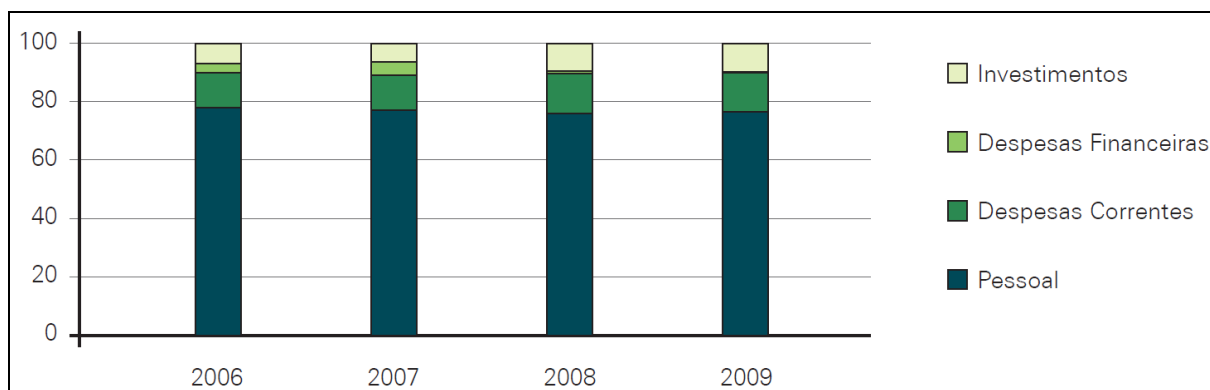



Figura 53: Orçamento do MD por GND (em %) (2006-2009)

Fonte: SIAFI (2010). Elaboração NEIT-IE-UNICAMP

É necessário, contudo, realizar uma análise mais detalhada dos gastos em defesa, a fim de verificar se esse investimento está realmente sendo feito em produtos estratégicos de defesa. Uma das formas de se obter essa informação é verificando o quanto o MD investiu em reaparelhamento das Forças Armadas. Verifica-se, assim, que de 2003 a 2009 o gasto do MD com reaparelhamento das FA cresceu cerca de 300%, passando de um patamar de aproximadamente R$ 600 milhões em 2003, para quase R$ 2,5 bilhões em 2009, conforme mostra a Figura 54.

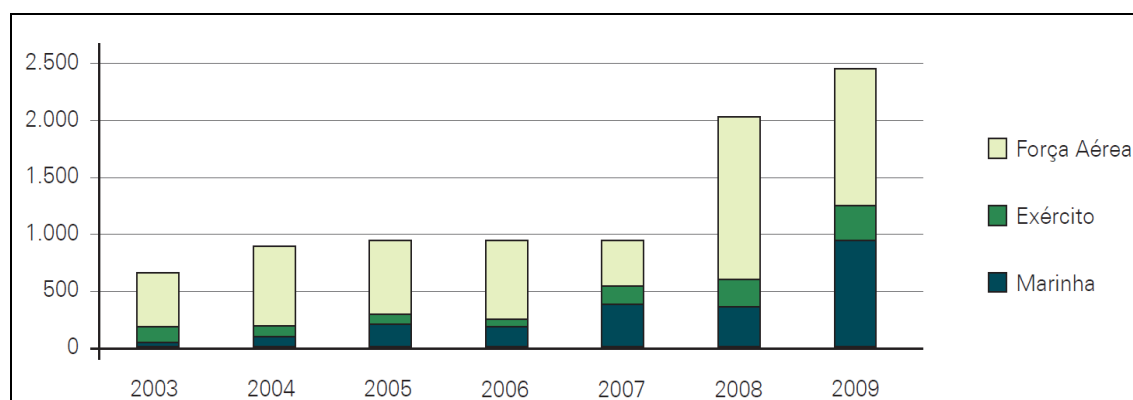



Figura 54: programas de reaparelhamento (em R$ milhões) (2003-2009)

Fonte: SIAFI

A Estratégia Nacional de Defesa, publicada em 2008, estabeleceu diretrizes para reaparelhamento das Forças Armadas que implicam em investimentos da ordem de R$ 60 bilhões até 2020, conforme mostra a Tabela 2.

Tabela 2: investimentos previstos em defesa (R$ milhões e %) (2011-2020)

Descrição	Situação	Valores Estimados (R$ milhões)	Partc. (%)
Marinha		**21.348**	***35,5***
PROSUB: Submarinos convencionais (*Scorpène*) e nuclear	Encomendados	10.014	*16,7*
Fragatas, navios-patrulha oceânicos e navios de apoio	Processo de seleção	5.596	*9,3*
Sistema de Gerenciamento da Amazônia Azul: *(SisGAAz)*	Projeto em estudo	4.250	*7,1*
Navios-patrulha costeiros (*Napa 500*)	Lote inicial	510	*0,8*
Modernização: aviões *Skywahks* (ataque) e *Trackers* (ASW)	Encomendados	476	*0,8*
Helicópteros: *Seahawk*	Encomendados	332	*0,6*
Mísseis mar mar: *MAN 1*	Em desenvolvimento	170	*0,3*
Exército		**10.374**	***17,3***
Sistema Integrado de Monitoramento de Fronteiras (*SISFRON*)	Projeto em estudo	6.800	*11,3*
Viaturas Blindadas: *VBTP-MR*	Em desenvolvimento	2.625	*4,4*
Modernização: helicópteros *Pantera*	Encomendados	476	*0,8*
Radares de vigilância aérea: *SABER-M60*	Lote inicial	204	*0,3*
Fuzis de assalto	Em desenvolvimento	170	*0,3*
Veículos leves: *Marruá*	Lote inicial	68	*0,1*
Mísseis *MSS-1.2* e Lança foguetes *ALAC*	Lote inicial	31	*0,1*
Força Aérea		**28.379**	***47,2***
Aviões de caça: *F-X2*	Processo de seleção	10.659	*17,7*
Aviões de transporte e reabastecimento: *KC-390*	Em desenvolvimento	6.018	*10,0*
Helicópteros: *EC-725, Blackhawk* e *AH-2*	Encomendados	3.590	*6,0*
Modernização do Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (*SISDABRA*)	Projeto em estudo	2.550	*4,2*
Aviões de reabastecimento: *KC-X2*	Projeto em estudo	1.496	*2,5*
Modernização: *F-5M*, *AMX*, *R99*, *E99*, *Tucano* e *Bandeirante*	Encomendados	1.246	*2,1*
Aviões de patrulha marítima: *P3 BR*	Encomendados	808	*1,3*
Satélite geoestacionário: *SGB*	Projeto em estudo	680	*1,1*
Mísseis: *A-Dart*, *MAA-1B Piranha* e *MAR-1*	Em desenvolvimento	399	*0,7*
Veículos aéreos não tripulados: *VANTs*	Processo de seleção	383	*0,6*
Aviões de transporte médio: *C-295*	Encomendados	306	*0,5*
Aviões de transporte executivo: *VC-X*	Projeto em estudo	245	*0,4*
TOTAL		**60.101**	***100,0***

Fonte: SIPRI (2010)

Apesar do aumento dos gastos com defesa, ainda se verifica que o Brasil fica aquém dos gastos realizados pelos demais países emergentes que compõem o grupo BRIC, conforme se observa na Tabela 3. Enquanto o Brasil gasta cerca de 1,5% do PIB com Defesa, a China gasta 2%, a Rússia gasta 3,5% e a Índia gasta 2,6%, enquanto que a média mundial é de 2,5%. Considerando apenas os outros três membros do BRIC, a média é de 2,7%. O aumento médio dos gastos em defesa dos demais países do BRIC, no período 200-2009, foi de 130%, enquanto que o Brasil aumentou apenas 38,7% no mesmo período. A participação média dos demais membros do BRIC em relação ao resto do mundo foi de 4%, enquanto que o Brasil ficou em 1,7%. Se considerarmos a relação território/gastos em defesa, o Reino Unido gastou US$ 282,00/Km^2, a França gastou US$ 115,00/Km^2, a China gastou US$10,00/Km^2, enquanto o Brasil gastou apenas US$ 3,00/Km^2.

Tabela 3: países com os maiores gastos em defesa (2009)

Classificação	Países	Gastos (US$ bilhões)	Δ 2000-2009 (%)	Participação no PIB (%)	Participação Mundial (%)
1	EUA	661,0	*75,8*	*4,3*	*43,0*
2	China[1]	100,0	*217*	*2,0*	*6,6*
3	França	63,9	*7,4*	*2,3*	*4,2*
4	Reino Unido	58,3	*28,1*	*2,5*	*3,8*
5	Rússia[1]	53,3	*105*	*3,5*	*3,5*
6	Japão	51,0	*-1,3*	*0,9*	*3,3*
7	Alemanha	45,6	*-6,7*	*1,3*	*3,0*
8	Arábia Saudita[2]	41,2	*66,9*	*8,2*	*2,7*
9	Índia	36,3	*67,3*	*2,6*	*2,4*
10	Itália	35,8	*-13,3*	*1,7*	*2,3*
11	**Brasil**	**26,1**	***38,7***	***1,5***	***1,7***
12	Coreia do Sul	24,1	*48,2*	*2,8*	*1,6*
13	Canadá	19,2	*48,8*	*1,3*	*1,3*
14	Austrália	19,0	*50,2*	*1,8*	*1,2*
15	Espanha	18,3	*34,4*	*1,2*	*1,2*
15 maiores: subtotal/média		**1.254,0**	***51,1***	***2,5***	***82,0***
Mundo: total/média		**1.531,0**	***49,2***	***2,7***	***100,0***

Fonte: SIPRI (2010)

5.6.2 Comércio exterior

O comércio mundial de produtos de defesa alcançou cerca de U$ 470 bilhões nos últimos 20 anos, sendo que o Brasil apresenta ainda uma participação modesta, com aproximadamente 0,2% das exportações e 1% das importações mundiais, conforme se observa na Tabela 4.

Tabela 4: Comércio exterior (em US$ milhões e %)

Categorias de produto	1990-1994	1995-1999	2000-2004	2005-2009	1990-2009
	Comércio Mundial Valor Acumulado (US$ milhões)[1]				
Aeronaves	57.201	58.134	45.046	49.702	210.083
Navios	17.497	21.246	14.087	20.343	73.173
Mísseis	18.193	16.681	13.647	15.873	64.394
Veículos Blindados	19.092	15.218	8.581	13.602	56.493
Sensores	6.745	5.862	5.351	5.921	23.879
Sistemas de Defesa Aérea	6.072	3.454	3.121	4.220	16.867
Motores	2.787	2.750	2.950	3.570	12.057
Artilharia	3.145	2.221	1.275	2.341	8.982
Outros[2]	344	947	623	363	2.227
Total	**131.075**	**126.511**	**94.679**	**115.934**	**468.199**
	Exportações Brasil/Mundo Participação (%)				
Aeronaves	*0,4*	*0,2*	*0,1*	*0,3*	*0,2*
Navios	*0,0*	*0,0*	*0,1*	*0,0*	*0,0*
Veículos Blindados	*0,3*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,1*
Sensores	*0,1*	*0,0*	*0,1*	*0,1*	*0,1*
Artilharia	*2,6*	*0,0*	*1,3*	*0,7*	*1,3*
Total	***0,3***	***0,1***	***0,1***	***0,2***	***0,2***
	Importações Brasil/Mundo Participação (%)				
Aeronaves	*0,2*	*0,8*	*0,6*	*0,9*	*0,6*
Navios	*1,5*	*4,2*	*2,2*	*1,0*	*2,3*
Mísseis	*1,1*	*1,5*	*0,3*	*0,8*	*1,0*
Veículos Blindados	*0,0*	*1,1*	*0,2*	*0,2*	*0,4*
Sensores	*1,1*	*0,4*	*6,6*	*1,8*	*2,3*
Motores	*3,6*	*1,7*	*1,0*	*2,2*	*2,1*
Artilharia	*0,7*	*1,5*	*2,2*	*0,0*	*0,9*
Outros	*0,0*	*0,0*	*1,4*	*0,0*	*0,4*
Total	***0,6***	***1,5***	***1,1***	***0,9***	***1,0***

1. Valores constantes (US$) de 1990.
2. Inclui satélites.

Fonte: SIPRI (2010)

Quando se analisa o comércio exterior de produtos de defesa por categoria de produtos, verifica-se que cerca de 70% das exportações no período de 1990 a 2009 foi de aeronaves, principalmente de aeronaves Super Tucano e de vigilância eletrônica, seguido por material de artilharia, notadamente o sistema Astros da Avibrás, conforme se observa na Tabela 5.

Tabela 5: Comércio exterior de equipamentos militares por categoria de produto

Categorias de produto	1990-1994	1995-1999	2000-2004	2005-2009	1990-2009	
	Exportações Acumulado (US$ milhões)[1]					(%)
Aeronaves	250	95	36	141	522	*71,3*
Navios	0	0	8	10	18	*2,5*
Mísseis	0	0	0	0	0	*0,0*
Veículos Blindados	54	0	2	0	56	*7,7*
Sensores	8	0	8	8	24	*3,3*
Motores	0	0	0	0	0	*0,0*
Artilharia	81	0	17	17	115	*15,7*
Outros	0	0	0	0	0	*0,0*
Total	**391**	**95**	**70**	**176**	**732**	***100,0***
	Importações Acumulado (US$ milhões)[1]					(%)
Aeronaves	100	458	283	470	1.311	*27,8*
Navios	261	889	310	198	1.658	*35,2*
Mísseis	201	254	42	130	627	*13,3*
Veículos Blindados	5	164	13	34	216	*4,6*
Sensores	76	25	353	106	560	*11,9*
Motores	99	48	29	77	253	*5,4*
Artilharia	21	33	28	1	83	*1,8*
Outros	0	0	9	0	9	*0,2*
Total	**766**	**1.869**	**1.064**	**1.014**	**4.713**	***100,0***
	Saldo Acumulado (US$ milhões)[1]					(%)
Aeronaves	150	-363	-247	-329	-789	*-19,8*
Navios	-261	-889	-302	-188	-1.640	*-41,2*
Mísseis	-201	-254	-42	-130	-627	*-15,7*
Veículos Blindados	49	-164	-11	-34	-160	*-4,0*
Sensores	-68	-25	-345	-98	-536	*-13,5*
Motores	-99	-48	-29	-77	-253	*-6,4*
Artilharia	60	-33	-11	16	32	*0,8*
Outros	0	0	-9	0	-9	*-0,2*
Total	**-375**	**-1.774**	**-994**	**-838**	**-3.981**	***100,0***

1. Valores constantes (US$) de 1990.

Fonte: SIPRI (2010)

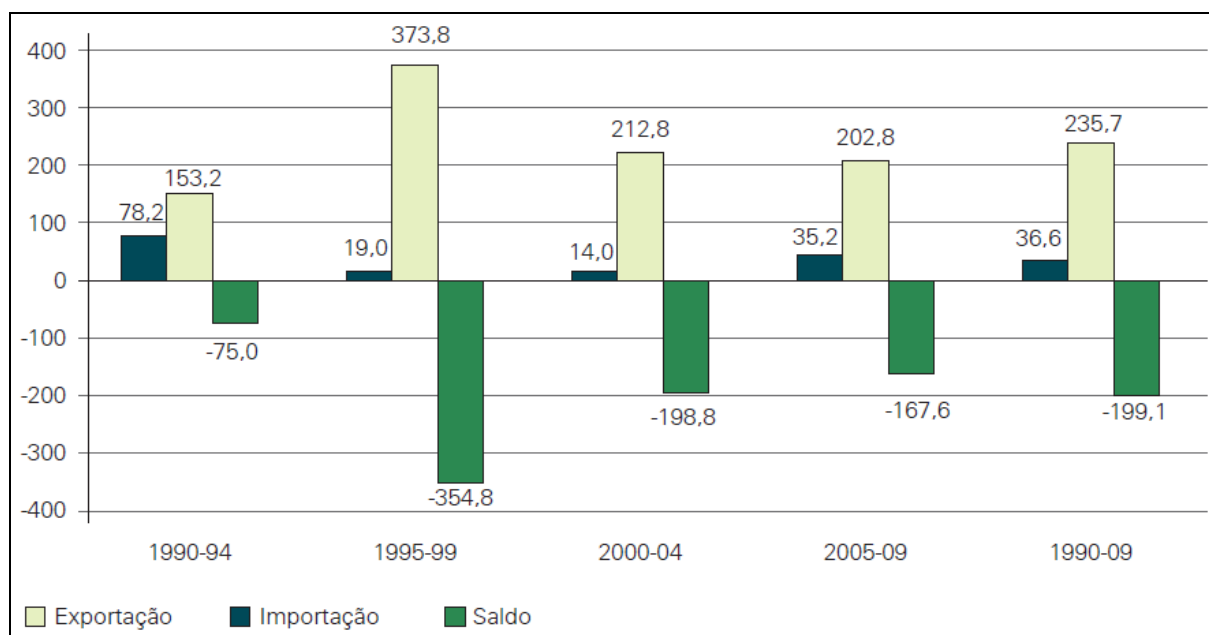
No período de 1990 a 2009, o Brasil tem sido deficitário no comércio exterior de produtos de defesa, conforme mostra a Figura 55.

* Valores constantes (US$) de 1990.

Figura 55: Comércio exterior de equipamentos militares (em US$ milhões*)

Fonte: INTRACEN/UNCTAD

Contudo, analisando separadamente o segmento de armas leves e munições, o Brasil apresenta um superávit significativo no período 2005-2009, conforme mostra a Tabela 6, o que coloca o país na 12ª posição no ranking dos maiores exportadores nesse segmento.

Tabela 6: Comércio exterior de armas leves e munições

Indicadores	Valor (US$ milhões)					Taxa de Crescimento (%)
	2005	2006	2007	2008	2009	2005-2009
Exportações	109.642	134.364	201.209	260.039	337.887	*208,2*
Importações	5.106	13.613	9.426	21.232	27.582	*440,2*
Saldo	104.536	120.751	191.783	238.807	310.305	*196,8*

Fonte: INTRACEN/UNCTAD

5.7 Academia

Os dois principais componentes da Academia ligados ao setor de defesa são o Instituto Militar de Engenharia (IME) e o Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA). Um curso novo, recentemente criado na UFRJ de Graduação em Defesa e Gestão Estratégica Internacional demonstra que a sociedade está cada vez mais interessada em assuntos de defesa.

5.7.1 Instituto Militar de Engenharia

A história do IME remonta ao ano de 1792, quando, por ordem da Dona Maria I, Rainha de Portugal, foi instalada na cidade do Rio de Janeiro a Real Academia de Artilharia, Fortificação e Desenho. Essa foi a primeira escola de engenharia das Américas e a terceira do mundo, sendo abrigada na Casa do Trem de Artilharia, na Ponta do Calabouço, onde atualmente funciona o Museu Histórico Nacional.

Na década de 1920, a Missão Militar Francesa inspirou a criação da Escola de Engenharia Militar, cuja missão era formar artilheiros e engenheiros de fortificação e construção, eletrotécnicos e químicos. Essa Escola começou a funcionar em 1930, no quartel da Tijuca (RJ), sendo transferida para a atual sede, na Praia Vermelha (RJ), em 1942, onde recebeu a denominação de Escola Técnica do Exército.

Em 1949, foi criado o Instituto Militar de Tecnologia, onde se iniciaram programas de estudo, pesquisa e controle de materiais para a indústria. Finalmente, em 1959, a Escola Técnica do Exército e o Instituto Militar de Tecnologia fundiram-se em um único estabelecimento de ensino, nascendo o atual Instituto Militar de Engenharia.

O IME atual ministra cursos de graduação, pós-graduação e extensão universitária para militares e civis. Insere-se no Sistema de Ciência e Tecnologia do

Exército, cooperando com os demais órgãos, por meio da prestação de serviços e pela execução de atividades de natureza técnico-científicas.

É responsável por formar, especializar e aperfeiçoar pessoal em nível superior no campo científico-tecnológico e cooperar, pelo ensino e pela pesquisa, para o progresso do Exército Brasileiro e do país.

O IME vem sendo reconhecido nacionalmente como um Centro de Excelência no ensino superior de engenharia nas especialidades que oferece. Atualmente são nove especialidades ao nível de graduação, Fortificação e Construção, Eletrônica, Comunicações, Elétrica, Mecânica, Materiais, Química, Cartográfica e Computação.

Os cursos de graduação são ministrados em cinco anos, sendo os dois primeiros considerados básicos e comuns a todas as especialidades, que têm por finalidade preparar os alunos para cursar as diferentes especialidades oferecidas pelo IME, fornecendo-lhes fortes fundamentações: científica, técnica e humanística, essenciais para o início da formação dos futuros engenheiros. As especialidades são escolhidas apenas a partir do terceiro ano dos cursos com base em classificação obtida no curso básico e levando-se em consideração o número de vagas em cada especialidade e o tipo de curso a que pertence o aluno.

O número de vagas para cada um dos cursos é estipulado anualmente pelo Estado Maior do Exército, assessorado pelo Departamento de Ciência e Tecnologia (DCT). O IME vem formando uma média de 85 engenheiros anualmente.

O IME oferece cursos de pós-graduação "stricto sensu" - mestrado ou doutorado - a militares e civis de ambos os sexos, brasileiros e estrangeiros. Os cursos oferecidos pelo IME são gratuitos. Há a possibilidade de bolsas de estudos por parte de órgãos governamentais de apoio ao ensino e à pesquisa (CAPES, CNPq, FAPERJ e outros). As pós-graduações realizadas no IME com suas respectivas áreas de concentração e linhas de pesquisa são apresentadas no Quadro 17.

Quadro 17: cursos de pós-graduação no IME

Pós-graduação	Áreas de Concentração	Linhas de Pesquisa
Mestrado em Engenharia de Transportes	Planejamento e Operação de Transportes Infraestrutura de Transportes	Meio Ambiente e Projetos de Transportes Tecnologia da Informação para Transportes Logística Otimização de Sistemas de Transportes Modelos de Planejamento de Transportes Qualidade em Transportes Avaliação de Projetos de Transportes Gerência de Pavimentos Projeto Geométrico de Estradas Agregados e Concretos Especiais Recuperação e Reforço de Estruturas Obras Hidráulicas e Portuárias Hidráulica Fluvial
Mestrado em Engenharia Elétrica	Sistemas eletrônicos de defesa e comunicações	Eletromagnetismo Aplicado Processamento de Sinais Automação e Controle
Mestrado em Engenharia Mecânica	Mecânica dos Sólidos Termociências	Termofluidodinâmica Projetos Mecânicos
Mestrado em Engenharia Cartográfica	Tecnologia da Informação Geográfica	Imageamento Digital Modelagem Representação Terrestres
Mestrado em Engenharia Nuclear	Instalações Nucleares	Reatores Nucleares Controle Ambiental
Mestrado em Sistemas e Computação	Computação Básica Tecnologias e Sistemas de Computação	Algoritmos e Linguagens Tecnologias para Tratamento e Transmissão da Informação Sistemas de Informação
Mestrado e Doutorado em Ciência dos Materiais	Propriedades Físicas dos Materiais Comportamento Mecânico dos Materiais	Materiais Eletrônicos Materiais Metálicos Materais Cerâmicos Materiais Conjugados
Mestrado e Doutorado em Química	Físico-Química Química Orgânica	Catálise Espectrometria Modelagem Molecular Tecnologia Química Síntese Orgânica
Mestrado e Doutorado em Engenharia de Defesa	Engenharia de Defesa	Comunicações e Inteligência em Sistemas de Defesa Mecatrônica e Sistemas de Armas Modelagem e Simulação em Sistemas de Defesa

A pós-graduação Engenharia de Defesa (PGED) é o programa de pós-graduação em nível de mestrado e doutorado mais recente no IME, criado e mantido segundo os tradicionais requisitos de excelência acadêmica do IME. Teve o início das atividades em fevereiro de 2007 e busca orientar efetivamente seus cursos e pesquisas para as necessidades do Exército Brasileiro (EB).

5.7.2 Instituto Tecnológico de Aeronáutica

O Instituto Tecnológico de Aeronáutica, criado pelo Decreto no 27.695, de 16 de janeiro de 1950, definido pela Lei nº 2.165, de 05 de janeiro de 1954, é uma Instituição Universitária especializada no Campo do Saber Aeroespacial, sob a jurisdição do Comando da Aeronáutica (COMAER), a qual tem por finalidade promover, por meio da educação, do ensino, da pesquisa e da extensão, o progresso das ciências e das tecnologias relacionadas com o Campo Aeroespacial e a formação de profissionais de **nível superior** nas especializações de interesse do COMAER e do Setor Aeroespacial em geral.

A missão do ITA é ministrar o ensino e a educação necessários à formação de profissionais de nível superior, nas especializações de interesse do campo Aeroespacial, em geral, e do COMAER, em particular; manter atividades de graduação, de pós-graduação *stricto sensu*, de pósgraduação *lato sensu* e de extensão; e promover, através da educação, do ensino e da pesquisa, o progresso das ciências e das tecnologias relacionadas com as atividades aeroespaciais.

O Curso de Engenharia Aeronáutica foi, de fato, criado em 1939, para ser ministrado na então Escola Técnica do Exército (ETE, no Rio de Janeiro, atual Instituto Militar de Engenharia, IME). Foi nesse curso que Casimiro Montenegro Filho formou-se Engenheiro Aeronáutico. Em 1947 os Diplomas de Engenheiro Aeronáutico passaram a ser registrados no então Ministério da Aeronáutica, MAER, e foram contratados os primeiros professores em nome do ITA, com o curso ainda ministrado na ETE.

Em 1950 os Cursos de Preparação e Formação de Engenheiros de Aeronáutica foram transformados nos Cursos Fundamental e Curso Profissional e o ITA foi instalado no então Centro Técnico de Aeronáutica (CTA), em São José dos Campos, SP (hoje Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial, DCTA) Em 1951 foi implantado o curso de Engenharia Eletrônica; em 1962 o curso de Engenharia Mecânica (transformado em Engenharia Mecânica-Aeronáutica em

1975); em 1975 o curso de Engenharia de Infra-Estrutura Aeronáutica (transformado em Engenharia Civil-Aeronáutica em 2006); e, em 1989, o curso de Engenharia de Computação. O início dos cursos de pós-graduação oferecidos pelo ITA, em 1961, marcou não apenas a implantação, no Brasil, da pós-graduação em Engenharia, como também a introdução de um modelo que viria a ser adotado em diversos pontos do País. O Quadro 18 detalha os programas e áreas de pesquisa.

Quadro 18: cursos de pós-graduação no ITA

Programa	Área
Engenharia Aeronáutica e Mecânica	- Aerodinâmica, Propulsão e Energia - Mecânica dos Sólidos e Estruturas - Materiais e Processos de Fabricação - Produção - Sistemas Aeroespaciais e Mecatrônica - Mecânica de Vôo
Engenharia Eletrônica e Computação	- Dispositivos e Sistemas Eletrônicos - Informática - Microondas e Optoeletrônica - Sistemas e Controle - Telecomunicações
Física	- Física Atômica e Molecular - Física Nuclear - Física de Plasmas
Engenharia de Infra-Estrutura Aeronáutica	- Infra-Estrutura Aeroportuária - Transporte Aéreo e Aeroportos
Ciências e Tecnologias Espaciais	- Física e Matemática Aplicadas - Química dos materiais - Propulsão Espacial e Hipersônica - Sensores e Atuadores Espaciais - Sistemas Espaciais, Ensaios e Lançamentos

5.8 Marco Legal

Nesta seção serão apresentados os principais marcos legais relacionados ao setor de defesa brasileiro, a saber: Política de Defesa Nacional (PDN), Política Nacional da Indústria de Defesa (PNID), Política de Compensação Comercial, Industrial e Tecnológica (PCCIT), Estratégia Nacional de Defesa (END), Lei 12.598 (RETID), e Lei 12.249 (RETAERO).

5.8.1 Política de Defesa Nacional

A PDN foi aprovada por meio do Decreto Nr 5.484, de 30 de junho de 2005. O Ministério da Defesa define a PDN da seguinte forma:

> A Política de Defesa Nacional é o documento condicionante de mais alto nível do planejamento de defesa e tem por finalidade estabelecer objetivos e diretrizes para o preparo e o emprego da capacitação nacional, com o envolvimento dos setores militar e civil, em todas as esferas do Poder Nacional. O Ministério da Defesa coordena as ações necessárias à Defesa Nacional. A Política de Defesa Nacional, tema de interesse de todos os segmentos da sociedade brasileira, tem como premissas os fundamentos, objetivos e princípios dispostos na Constituição Federal e encontra-se em consonância com as orientações governamentais e a política externa do País, a qual se fundamenta na busca da solução pacífica das controvérsias e no fortalecimento da paz e da segurança internacionais. (BRASIL, 2012)

A PDN é voltada, preponderantemente, para ameaças externas. Ela reconhece que o fato do Brasil estar há um longo período de tempo sem participar de conflitos que afetem diretamente o território nacional, torna a percepção das ameaças um tanto quanto desvanecida para muitos brasileiros. Admite, porém, que é imprudente imaginar que um país com o potencial do Brasil não enfrente disputas ou antagonismos na busca dos seus legítimos interesses. Assim, um dos propósitos declarados da PDN é “conscientizar todos os segmentos da sociedade brasileira de que a defesa da Nação é um dever de todos os brasileiros”. Nesse contexto, a PDN prioriza duas áreas para a defesa: a Amazônia e o Atlântico Sul (PDN, 2005).

5.8.2 Política Nacional da Indústria de Defesa

A PNID foi aprovada pela Portaria Normativa nº 899/MD, de 19 de julho de 2005. Ela define os conceitos de Base Industrial de Defesa (BID) e de Produto Estratégico de Defesa, a saber:

> I - Base Industrial de Defesa - BID: é o conjunto das empresas estatais e privadas, bem como organizações civis e militares, que participem de uma ou mais das etapas de pesquisa, desenvolvimento, produção, distribuição e manutenção de produtos estratégicos de defesa; e
> II - produto estratégico de defesa: são bens e serviços que pelas peculiaridades de obtenção, produção, distribuição, armazenagem, manutenção ou emprego possam comprometer, direta ou indiretamente, a consecução de objetivos relacionados à segurança ou à defesa do País. (PNID, 2012)

A PNID tem como objetivo geral “o fortalecimento da Base Industrial de Defesa (BID) brasileira” (PNID, 2012). Para tanto, a PNID definiu os seguintes objetivos específicos: 1) conscientizar a sociedade em geral quanto à necessidade de o País dispor de uma forte BID; 2) diminuir progressivamente a dependência externa em produtos estratégicos de defesa, desenvolvendo-os e produzindo-os internamente; 3) reduzir a carga tributária incidente sobre a BID, com especial atenção às distorções com relação aos produtos importados; 4) ampliar a capacidade de aquisição de produtos de defesa da indústria nacional pelas Forças Armadas; 5) melhorar a qualidade tecnológica dos produtos estratégicos de defesa; 6) aumentar a competitividade da BID brasileira para expandir as exportações; e 7) melhorar a capacidade de mobilização industrial na BID.

Para atingir os objetivos acima, a PNID estabeleceu três orientações gerais, a saber: 1) as ações estratégicas devem priorizar a preservação da base industrial já existente; 2) as ações estratégicas devem ser indutoras, sem retirar da indústria sua capacidade de empreendimento, sua iniciativa e seus próprios riscos; e 3) as empresas públicas devem desempenhar suas atividades em complemento às de caráter privado, evitando a concorrência com estas últimas.

Trata-se, portanto, de um documento “enxuto”, mas que aborda os principais temas da indústria de defesa nacional. A partir dela, é possível empreender ações para atingir o grande objetivo proposto, que é fortalecer a BID.

5.8.3 Política de Compensação Industrial, Comercial e Tecnológica

Aprovada pela Portaria Normativa nº 764/MD, de 27 de dezembro de 2002, a Política de Compensação Comercial, Industrial e Tecnológica tem os seguintes objetivos: promover o crescimento dos níveis tecnológico e qualitativo das indústrias de defesa, com a modernização dos métodos e processos de produção e aquisição de novas tecnologias, visando ao estado da arte; fomentar e fortalecer os setores de interesse do Ministério da Defesa, criando condições para o aperfeiçoamento das indústrias de defesa e da sua base tecnológica, visando a aumentar suas cargas de trabalho e também a permitir a competitividade no mercado internacional; ampliar o mercado de trabalho, mediante a criação de novas oportunidades de emprego de alto nível tecnológico, através da especialização e do aperfeiçoamento dos recursos humanos dos setores de interesse; obter recursos externos, de toda ordem, diretos e indiretos, para elevar a capacitação industrial e tecnológica dos setores de interesse da área de defesa; e incrementar a nacionalização e a progressiva independência do mercado externo, no que diz respeito a produtos de defesa (PCCIT, 2012)

Ela estabelece a obrigação de incluir *Offset* em contratos de importação de produtos de defesa com valor acima de US$ 5.000.000,00 (cinco milhões de dólares americanos). Para contratos de importação abaixo desse valor, a PCCIT estabelece que pode ser incluído *Offset*, desde que seja do interesse da Força Armada contratante. Também orienta que o valor do Offset deve corresponder a cem por cento do valor do contrato de aquisição, sempre que possível (PCCIT, 2012). A PCCIT define os aspectos que devem ser priorizados para fins de compensação, a saber: tecnologia; fabricação de materiais ou equipamentos; nacionalização da manutenção; treinamento de pessoal; exportação; e incentivos financeiros à Indústria de Defesa Brasileira (PCCIT, 2012).

Assim, verifica-se que a PCCIT visa coordenar as atividades que envolvem a utilização da ferramenta *Offset* em benefício da BID brasileira, a partir da utilização do poder de compra e o poder concedente do Estado, quando das importações de produtos de defesa.

5.8.4 Estratégia Nacional de Defesa (END)

A Estratégia Nacional de Defesa em vigor, estabelece claramente o princípio da independência como um dos pilares da defesa nacional, conforme se depreende do trecho a seguir:

> 4. Projeto forte de defesa favorece projeto forte de desenvolvimento. Forte é o projeto de desenvolvimento que, sejam quais forem suas demais orientações, se guie pelos seguintes princípios:
> a) Independência nacional, efetivada pela mobilização de recursos físicos, econômicos e humanos, para o investimento no potencial produtivo do País. Aproveitar a poupança estrangeira, sem dela depender;
> b) Independência nacional, alcançada pela capacitação tecnológica autônoma, inclusive nos estratégicos setores espacial, cibernético e nuclear. Não é independente quem não tem o domínio das tecnologias sensíveis, tanto para a defesa como para o desenvolvimento; e
> c) Independência nacional, assegurada pela democratização de oportunidades educativas e econômicas e pelas oportunidades para ampliar a participação popular nos processos decisórios da vida política e econômica do País. O Brasil não será independente enquanto faltar para parcela do seu povo condições para aprender, trabalhar e produzir. (BRASIL, 2008)

Um dos principais aspectos que devem ser destacados na END é a orientação para a transferência de tecnologia, conforme se verifica no trecho a seguir:

> A identificação e a análise dos principais aspectos positivos e das vulnerabilidades permitem vislumbrar as seguintes oportunidades a serem exploradas:
> [...]
> condicionamento da compra de produtos de defesa no exterior à transferência substancial de tecnologia, inclusive por meio de parcerias para pesquisa e fabricação no Brasil de partes desses produtos ou de sucedâneos a eles; (BRASIL, 2008)

A END deu um especial destaque a três áreas tecnológicas, consideradas estratégicas para a defesa nacional: a espacial, a nuclear e a cibernética. De uma forma geral, as três áreas estão sob responsabilidade das três Forças Armadas, a saber: Aeronáutica, Marinha do Brasil e Exército Brasileiro, respectivamente. A Aeronáutica, por meio do programa espacial; a Marinha, por estar à frente do projeto do submarino nuclear; e o Exército, por possuir um Centro de Defesa Cibernética, bem como uma *expertise* consolidada na área de comunicações, além de uma estrutura robusta de telemática em todo o território nacional.

5.8.5 Lei 12.598 (RETID)

A Lei 12.598 de 22 de março de 2012 estabelece normas especiais para as compras, as contratações e o desenvolvimento de produtos e de sistemas de defesa; dispõe sobre regras de incentivo à área estratégica de defesa, e cria o Regime Especial Tributário para a Indústria de Defesa (RETID). A Lei 12.598 define alguns conceitos fundamentais, a saber:

> I - Produto de Defesa - PRODE - todo bem, serviço, obra ou informação, inclusive armamentos, munições, meios de transporte e de comunicações, fardamentos e materiais de uso individual e coletivo utilizados nas atividades finalísticas de defesa, com exceção daqueles de uso administrativo;
> II - Produto Estratégico de Defesa - PED - todo Prode que, pelo conteúdo tecnológico, pela dificuldade de obtenção ou pela imprescindibilidade, seja de interesse estratégico para a defesa nacional, tais como:
> a) recursos bélicos navais, terrestres e aeroespaciais;
> b) serviços técnicos especializados na área de projetos, pesquisas e desenvolvimento científico e tecnológico;
> c) equipamentos e serviços técnicos especializados para as áreas de informação e de inteligência;
> III - Sistema de Defesa - SD - conjunto inter-relacionado ou interativo de Prode que atenda a uma finalidade específica;
> IV - Empresa Estratégica de Defesa - EED - toda pessoa jurídica credenciada pelo Ministério da Defesa mediante o atendimento cumulativo das seguintes condições:
> a) ter como finalidade, em seu objeto social, a realização ou condução de atividades de pesquisa, projeto, desenvolvimento, industrialização, prestação dos serviços referidos no art. 10, produção, reparo, conservação, revisão, conversão, modernização ou manutenção de PED no País, incluídas a venda e a revenda somente quando integradas às atividades industriais supracitadas;
> b) ter no País a sede, a sua administração e o estabelecimento industrial, equiparado a industrial ou prestador de serviço;
> c) dispor, no País, de comprovado conhecimento científico ou tecnológico próprio ou complementado por acordos de parceria com Instituição Científica e Tecnológica para realização de atividades conjuntas de pesquisa científica e tecnológica e desenvolvimento de tecnologia, produto ou processo, relacionado à atividade desenvolvida, observado o disposto no inciso X do caput;
> d) assegurar, em seus atos constitutivos ou nos atos de seu controlador direto ou indireto, que o conjunto de sócios ou acionistas e grupos de sócios ou acionistas estrangeiros não possam exercer em cada assembleia geral número de votos superior a 2/3 (dois terços) do total de votos que puderem ser exercidos pelos acionistas brasileiros presentes; e
> e) assegurar a continuidade produtiva no País; (BRASIL, 2012)

Verifica-se que a definição de PED na Lei 12.598 não está em conflito com a definição de PED existente na PNID, mas ao contrário parece complementar aquela definição. Um dos principais objetivos da lei é ampliar a capacidade das empresas brasileiras de prestar serviços e produzir equipamentos com maior conteúdo

tecnológico e alto valor agregado. Um dos ponto aspectos mais importantes da lei é que ela estabelece uma política de compras governamentais com o objetivo de fortalecer o setor. O governo poderá fazer licitações especiais para compra de produtos estratégicos nas quais só poderão participar as empresas que tenham sido reconhecidas como EED. Cabe ressaltar que produtos estratégicos de defesa não incluem materiais de baixo conteúdo tecnológico agregado, tais como fardas e coturnos, mas de produtos sofisticados como radares, satélites, veículos não tripulados, mísseis, foguetes etc.

A Lei autoriza também a realização de licitação com exigência de que o produto seja desenvolvido ou produzido no país, bem como a importação com compensação tecnológica (*Offset*) e participação da indústria nacional. É um mecanismo para ser utilizado quando não há EED capaz de atender uma determinada necessidade das forças armadas. Nessas hipóteses, o objetivo é promover a maior participação possível das empresas brasileiras visando a geração de empregos no país e a absorção de tecnologia.

A Lei 12.598 criou também o RETID (Regime Especial Tributário para a Indústria de Defesa), que visa reduzir a carga tributária da cadeia produtiva de defesa. Por esse mecanismo, empresas que fornecem para EED terão isenção de IPI, PIS e Cofins de insumos que venham a ser utilizados em produtos estratégicos. Para usufruir desse benefício as empresas terão que atender uma série de exigências, dentre as quais destaca-se o faturamento mínimo de 70%, originado em vendas para o setor de defesa e exportações.

A Lei 12.598 também altera o RETAERO (Regime Especial para a Indústria Aeroespacial Brasileira), estendendo para a área de satélites e foguetes os benefícios fiscais criados para a indústria aeronáutica. A seguir, será apresentada a RETAERO.

5.8.6 Lei 12.249 (RETAERO)

O Regime Especial para a Indústria Aeroespacial Brasileira (RETAERO) foi instituído pelos arts. 29 a 33 da Lei nº 12.249, de 11 de junho de 2010. Posteriormente, Foi publicado no Diário Oficial da União, de 14 de março de 2011, O Decreto nº 7.451, de 11 março de 2011, que regulamenta o RETAERO.

O RETAERO é um regime especial que suspende:

a) a exigência da Contribuição para o PIS/Pasep, da Cofins e do IPI incidentes sobre a venda no mercado interno de partes, peças, ferramentais, componentes, equipamentos, sistemas, subsistemas, insumos e matérias primas, serviços de tecnologia industrial básica aplicada na fabricação de aeronaves ou de desenvolvimento e inovação tecnológica ou aluguel de máquinas, aparelhos, instrumentos ou equipamentos destinados a pessoas habilitadas ao regime;

b) a exigência da Contribuição para o PIS/Pasep – Importação, da Cofins – Importação e do IPI incidentes sobre a importação de partes, peças, ferramentais, componentes, equipamentos, sistemas, subsistemas, insumos e matérias primas, pagamentos de serviços, prestados por pessoa residente ou domiciliada no exterior, de tecnologia industrial básica aplicada na fabricação de aeronaves ou de desenvolvimento e inovação tecnológica ou aluguel de máquinas, aparelhos, instrumentos ou equipamentos destinados a pessoas habilitadas ao regime.

Podem ser habilitadas ao RETAERO:

a) pessoa jurídica que produza partes, peças, ferramentais, componentes, equipamentos, sistemas, subsistemas, insumos e matérias primas ou preste os serviços mencionados;

b) pessoa jurídica que produza bens ou preste serviços que sejam considerados insumos utilizados na produção dos bens e serviços mencionados.

O objetivo do regime é reduzir o acúmulo de créditos não-cumulativos dos tributos incidentes na cadeia produtiva de aeronaves, equilibrando a tributação e reduzindo o ônus incidente na produção de aeronaves e suas partes e peças.

5.9 Centros de P&D

Atualmente, os principais centros de P&D voltados para a defesa são gerenciados pelas Forças Armadas. O Centro Tecnológico do Exército (CTEx) situado na região de Guaratiba, Rio de Janeiro, tem por missão pesquisar e desenvolver produtos de defesa com alto conteúdo tecnológico agregado. Dentre os principais produtos de defesa já desenvolvidos pelo CTEx destacam-se: Radar SABER M-60; Módulo de Telemática Operacional; VANT VT-15; Míssil Anticarro MSS 1.2; e Arma Leve Anticarro ALAC. Encontra-se em andamento um projeto de criação e implantação do Pólo de Ciência e Tecnologia do Exército na Guaratiba (PCTEG). Esse polo, previsto para estar plenamente funcional em 2022, irá agregar todas as principais organizações de P&D do Exército na região de Guaratiba.

O Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo (CT¨MSP) é responsável pelo Programa Nuclear da Marinha do Brasil que visa à capacitação no domínio dos processos tecnológicos, industriais e operacionais de instalações nucleares aplicáveis à propulsão naval. O CTMSP está dividido em dois sítios, CTMSP-SEDE e Centro Experimental Aramar (CEA). O CTMSP-SEDE, está localizado na cidade de São Paulo, inserido dentro da Universidade de São Paulo (USP), onde trabalham servidores militares e civis que exercem atividades técnicas de engenharia, pesquisa e desenvolvimento, gerenciamento de projetos e atividades administrativas. O CEA está localizado em Iperó – SP, a cerca de 120 km da capital, onde estão sendo implantadas as principais oficinas, usinas, laboratórios e protótipos desenvolvidos pelo CTMSP. Entre eles destacam-se o Laboratório Radioecológico (LARE), responsável pelo controle dos efluentes liberados para o meio externo do CEA e pela monitoração de amostras ambientais ao redor do centro, e o Laboratório de Geração de Energia Núcleo-Elétrica (LABGENE), que será uma instalação experimental em terra de uma planta de propulsão nuclear.

Finalmente, o Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA), localizado na cidade de São José dos campos, agrega as principais organizações de P&D da Força Aérea. (DCTA, 2012)

5.10 Grupos de Pesquisa

Esta seção apresenta os principais grupos de pesquisa em atividade no Brasil, nas 10 tecnologias consideradas prioritárias para a defesa (as quais se desdobram em 13), em especial para o Exército Brasileiro em 2030, conforme será visto no capítulo 6, a saber: sistemas de informação (inclui integração de sistemas e fusão de dados); ambiente de sistemas de armas; sensores ativos e passivos (inclui radares de alta sensibilidade); cibernética; inteligência de máquinas e robótica; nanotecnologia; defesa QBN; materiais avançados (inclui materiais compósitos); energia dirigida (inclui fontes renováveis de energia); e biotecnologia. O levantamento foi realizado por meio da plataforma Lattes. O resultado é apresentado no Quadro 19.

Quadro 19: principais grupos de pesquisa em áreas de interesse da defesa

Tecnologia	Grande Área	Áreas principais	Nr de grupos existentes	Grupos de pesquisa em destaque
Sistemas de informação	Ciências Exatas e da Terra	Ciência da Computação	179	- Computação de Alto Desempenho (UTFPR) - Sistemas de Informação e Banco de Dados (UFCG) - Sistemas Computacionais Avançados (UNESP)
Fusão de dados	Ciências Exatas e da Terra	Ciência da Computação	3	- Computação Móvel e Pervasiva (UFAM) - Computação Pervasiva e Alto Desempenho (USP) - Redes de Sensores sem Fio (FUCAPI)
Integração de sistemas	Ciências Exatas e da Terra	Ciência da Computação	53	- Grupo de Integração de Sistemas e Dispositivos Inteligentes (UNESP) - Integração de Bases de Dados Heterogêneas e Teste de Desempenho (UFPR)
Ambiente de sistemas de armas	Ciências Exatas e da Terra	Geociências	87	- Cartografia e Sensoriamento Remoto (UFRJ) - Sensoriamento Remoto e Geoinformação (UFMT) - Engenharia de Geomática (UFRRJ)
Sensores ativos e	Engenharias	Elétrica	99	- Desenvolvimento de sensores (UFAM)

passivos				- Engenharia de Sistemas Optoeletrônicos (UTFPR) - Grupo de Pesquisa em Eletrônica e Sistemas Embarcados (IFCE)
Radares de alta sensibilidade			4	- Telecomunicações (USP)
Cibernética	Ciências Exatas e da Terra	Ciência da Computação	9	- Segurança da Informação e Defesa Cibernética (UnB) - Computação Pervasiva e Alto Desempenho (USP) - Grupo de Estudos em Tecnologias e Comunicação (PUC-GO)
Inteligência de máquinas e robótica			87	- Desenvolvimento de Sistemas Mecatrônicos (USP) - Grupo de Inteligência Artificial, Robótica e Automação (UFMT) - Grupo de Lógica Paraconsistente Aplicada em Automação e Robótica (UNISANTA)
Nanotecnologia	Ciências Exatas e da Terra	Física	249	- Física de plasma aplicada a novos processos de materiais (ITA) - Grupo de Materiais Semicondutores e Nanotecnologia (ITA) - Grupo de propriedades ópticas e magnéticas de sólidos (UNICAMP)
Defesa QBN	Engenharias	Nuclear	247	- Aplicações de Traçadores Radioativos na Industria, Meio Ambiente e Saúde (CNEN) - Desenvolvimento de Métodos em Física de Reatores (CNEN) - Engenharia do Combustível Nuclear (CNEN)
Materiais avançados/ compósitos	Ciências Exatas e da Terra	Química; Física	75	- Desenvolvimento de Materiais Avançados a Nível Molecular (UFPE) - Física de Altas Pressões e Materiais Avançados (UFRGS) - Grupo de Materiais Cerâmicos Avançados (UFS)
Energia dirigida	Engenharia	Elétrica	101	- Fontes de Microondas de Alta Potência (INPE)
Fontes renováveis de energia	Engenharia	Elétrica	46	- Fontes de energia renováveis e eficiência energética (UFGD) - Fontes Renováveis e Aproveitamento de Energia (UNESP) - Grupo de Pesquisa de Energia Renovável (UFPE)

5.11 Mecanismos de Fomento

O setor de defesa não possui um órgão de fomento específico, nem mesmo um fundo setorial específico para a defesa. Segundo o levantamento realizado pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), de 2000 a 2008, 258 projetos relacionados com o setor de defesa foram apoiados por fundos setoriais, somando um total de R$ 479 milhões, conforme mostra a Tabela 7.

Tabela 7: distribuição dos fundos setoriais em projetos de defesa (2000-2008)

Fundo	Valor (R$)	%
Subvenção	97.974.624	20
CT-Aeronáutico	93.613.980	20
FNDCT	71.929.314	15
Ações Transversais	61.864.562	13
CT-Infraestrutura	51.527.776	11
Total	479.507.455	100

Fonte: MCT/FINEP. Elaboração: IPEA

Com relação à área do conhecimento, verifica-se que a engenharia aeroespacial é a que tem mais se beneficiado do apoio dos fundos setoriais, conforme mostra a Tabela 8.

Tabela 8: distribuição dos fundos setoriais por área do conhecimento (200-2008)

Área do conhecimento	Valor (R$)	%
Engenharia aeroespacial	195.327.435	40
Engenharia elétrica	34.906.791	7
Engenharia química	28.299.675	5
Engenharia nuclear	23.410.434	5
Desenhon industrial	16.589.461	3
Engenharia de transportes	10.569.405	2
Outras áreas	123.572.536	38
Total	479.507.455	100

Fonte: MCT/FINEP. Elaboração: IPEA

5.12 Análise SWOT

Após a apresentação dos diversos componentes do setor de defesa, conforme o modelo conceitual estabelecido, pode-se agora realizar uma análise do setor. Para tanto, a ferramenta escolhida é a análise SWOT, das forças, fraquezas, ameaças e oportunidades do setor, conforme apresentado no Quadro 20.

Quadro 20: análise SWOT do setor de defesa

	Aspectos Positivos	**Aspectos Negativos**
Ambiente Interno	Forças - Segmento de aviação bem desenvolvido - Segmentos de propulsão nuclear, espacial e cibernética em desenvolvimento - infraestrutura educacional, científica e tecnológica bem estabelecida	Fraquezas - Elevado grau de dependência tecnológica externa para produtos, sistemas ou componentes de alta tecnologia. - Estrutura produtiva incompleta - Poucas empresas âncoras nacionais - Baixa escala produtiva - Diferenças na padronização do processo produtivo
Ambiente Externo	Oportunidades - Elevada capacidade competitiva da base metalmecânica e de material de transporte da indústria brasileira favorece o adensamento das cadeias produtivas - Lei 12.598 (RETID) - Lei 12.249 (RETAERO) - Criação do PCTEG	Ameaças - Deficiências tributárias - Deficiência da estrutura produtiva nacional na tecnologia da informação prejudica o desenvolvimento de segmentos que utilizem esta base tecnológica. - Dependência de compras governamentais

5.12.1 Aspectos positivos do ambiente interno ao setor (Forças)

O segmento de aviação é bem desenvolvido, com destaque para a competência da Embraer no desenvolvimento, produção e comercialização de algumas categorias de aviões militares, destacando-se a aeronave de ataque leve Super Tucano, a aeronave de vigilância EMB-145 AEW&C e o cargueiro KC-390.

Os segmentos de propulsão nuclear, espacial e cibernética, que possuem alta intensidade tecnológica e são considerados estratégicos pela END, encontram-se em acelerado desenvolvimento. O segmento nuclear possui como ator principal a Marinha do Brasil, que tem como projeto âncora o Submarino Nuclear. O ciclo de enriquecimento do urânio já está dominado e o desenvolvimento do reator nuclear para o submarino está em andamento, com previsão de lançamento do protótipo em 2022. O segmento espacial tem na Aeronáutica um dos seus principais patrocinadores, em virtude do estratégico programa espacial e o desenvolvimento do Veículo Lançador de Satélite (VLS). O segmento cibernético tem à frente o Exército Brasileiro, em virtude de sua capacitação em guerra eletrônica, em comunicações estratégicas e de possuir uma rede de comunicações de âmbito nacional e elevada capilaridade. Além disso, o Exército possui diversas organizações já consolidadas que dão o imprecindível suporte à guerra cibernética, a saber: Centro de Defesa Cibernética; Centro Integrado de Telemática do Exército; Comando de Comunicações e Guerra Eletrônica do Exército; 7 (sete) Centros de Telemática de Área; 5 (cinco) Centros de Telemática; eNúcleos de Centro de Inteligência de Sinais.

As Forças Armadas Brasileiras construíram um amplo conjunto de instituições de pesquisa, desenvolvimento e formação de recursos humanos que forneceram o suporte para a criação, expansão e consolidação de diversos segmentos da BID. A Aeronáutica possui o Centro Tecnológico da Aeronáutica (CTA) que engloba diversos institutos — com destaque para o Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) — enquanto o Exército Brasileiro possui o CTEx e o Instituto Militar de Engenharia (IME). A Marinha do Brasil, por sua vez, possui o Instituto de Pesquisas da Marinha (IPqM) e o Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo (CTMSP).

5.12.2 Aspectos negativos do ambiente interno ao setor (Fraquezas)

No setor de defesa no Brasil apresenta um elevado grau de dependência tecnológica externa para produtos, sistemas ou componentes de alta tecnologia. É o caso, por exemplo de aeronaves militares de última geração, como o Rafele francês e o Gripen, da SAAB sueca. No segmento de viaturas blindadas, há forte dependência em carros de combate, tais como o Leopard II alemão, e em mísseis antiaéreos, como o Igla russo. No segmento naval, há forte dependência em tecnologia de submarinos, tais como o Scorpene francês.

Em alguns setores ou segmentos da BID a estrutura produtiva é praticamente inexistente, seja porque houve uma desestruturação ao longo das últimas décadas — caso do segmento de viaturas blindadas —, seja porque envolvem tecnologias sofisticadas e inexistentes no país, como o segmento de submarinos nucleares.

Apenas alguns segmentos da BID possuem empresas âncoras nacionais com escala empresarial — produtiva e financeira — compatível com o padrão de concorrência internacional. Entre estas empresas se destacam: a Taurus e a CBC no segmento de armas e munições leves e a Embraer no segmento de aeronaves militares. Nos segmentos com baixa demanda e, consequentemente, com baixa escala produtiva, verifica-se como resultado um maior coeficiente de produtos, sistemas e componentes importados ou, então, a adoção da estratégia de elevada verticalização produtiva que implica na diminuição da rentabilidade empresarial.

As diferenças na padronização do processo produtivo significa que os segmentos que mais utilizam matérias primas, insumos e componentes padronizados em seu processo produtivo, apresentam uma maior participação dos fornecedores locais, além de uma maior flexibilidade produtiva e de menores custos operacionais, com por exemplo o segmento de armas leves. Já aqueles segmentos que possuem alta tecnologia agregada e insumos importados dependem de fatores externos para produzir, como o segmento de radares.

5.12.3 Aspectos positivos do ambiente externo ao setor (Oportunidades)

A elevada capacidade competitiva da base metalmecânica e de material de transporte da indústria brasileira favorece o adensamento das cadeias produtivas. O setor de defesa tem uma particular tradição na produção de veículos, com foi o caso da Engesa nas décadas de 70 e 80. O setor automobilístivo nacional é bem desenvolvido, o que se configura em uma oportunidade para retomar o papel de desenvolvedor e produtor de veículos para defesa. Um exemplo disso é o desenvolvimento do blindado Guarani, pela FIAT-IVECO, em sua fábrica de Sete Lagoas-MG, que prenuncia uma retomada da produção de veículos blindados nacionais.

A Lei 12.598, também conhecida como Regima Especial Tributário da Indústria de Defesa (RETID), é uma oportunidade para o setor de defesa nacional. Além de estabelecer um regime tributário diferenciado para o setor, ela também estabelece normas especiais para as compras governamentais. O governo poderá fazer licitações especiais para compra de produtos de defesa. A Lei autoriza também a realização de licitação com a exigência de que o produto seja desenvolvido ou produzido no país, bem como a importação com compensação tecnológica (*Offset*) e participação da indústria nacional.

Da mesma forma, a Lei 12.249, conhecida como Regime Especial para a Indústria Aeroespacial Brasileira (RETAERO), também se configura como uma oportunidade de crescimento do setor, ao reduzir o acúmulo de créditos dos tributos incidentes na cadeia produtiva de aeronaves, equilibrando a tributação e reduzindo o ônus incidente na produção de aeronaves e suas partes e peças. Cabe lembrar que a produção de satélites e foguetes também está abrangida pelos benefícios da RETAERO.

Finalmente, a criação do Pólo de Ciência e Tecnologia do Exército na Guaratiba (PCTEG), prevista para estar concluída em 2022, apresenta-se como uma oportunidade de crescimento para a indústria de defesa nacional.

5.12.4 Aspectos negativos do ambiente externo ao setor (Ameaças)

A deficiência da estrutura produtiva nacional na tecnologia da informação prejudica o desenvolvimento de segmentos que utilizem esta base tecnológica. Particularmente as empresas de defesa do segmento de comunicações são fortemente afetadas por essa deficiência nacional. Os equipamentos de comunicações militares de ponta são praticamente todos importados de empresas estrangeiras como a Harris norte-americana e a Rohde&Schwarz alemã. De fato, não nehnhuma empresa nacional atualmente que produza equipamentoa de comuniucações militares, à exceção da Imbel, por meio de sua Fábrica de Material de Comunicações e Eletrônica.

Existe uma assimetria tributária que favorece a importação em todos os setores da BID. Além disso, os segmentos com maior coeficiente exportado, particularmente armas leves e aeronaves, apresentam um acúmulo de créditos tributários que produz impactos negativos sobre a rentabilidade e custo das grandes empresas exportadoras. Cabe ressaltar que a Lei 12.598 pretende eliminar ou pelo menos reduzir esta ameaça ao setor, ao promover isenção de IPI, PIS e Cofins de insumos que venham a ser utilizados em produtos estratégicos de defesa.

Finalmente, talvez o aspecto mais negativo do ambiente externo ao setor de defesa seja a sua elevada dependência de compras governamentais. De fato, o Estado exerce praticamente uma função de monopsônio, sendo o único comprador para os produtos de defesa de um país. Por outro lado, as empresas privadas do setor de defesa tem a seu favor o domínio de tecnologias únicas, muitas vezes exercendo essas firmas o papel de monopólio em determinados produtos de defesa. Dessa forma, a interação demanda-oferta não ocorre sob a lógica “normal” de mercado, mas sim por meio de um complexo processo de negociação. Costuma-se dizer, por isso, que o setor de defesa é um setor de “não-mercado”.

5.13 Conclusão parcial

Este capítulo apresentou um panorama do setor de defesa no Brasil, que possibilta extrair algumas conclusões a respeito do sistema setorial de inovação em defesa no país. Foi verificado que a indústria de defesa alcançou um apogeu na década de 1980, contribuindo com uma parcela significatica da balança comercial brasileira, à época. Verificou-se que a Base Industrial de Defesa ainda conta com um expressivo número de firmas, entre estatais e privadas, com destaque para a Imbel e Engepron no segmento estatal, e a Embraer, Avibrás, Taurus e CBC, no segmento privado. No entanto, outras firmas têm surgido com produtos de alto conteúdo tecnológico agregado, com destaque para a Orbisat (radar Saber M-60) e a Mectron (míssil anticarro MSS 1.2). Verificou-se que os gastos governamentais em defesa estão estacionados no patamar de 1,5% do PIB, enquanto que no comércio exterior de PRODE ainda é modesta a participação do país, com cerca de 0,2% das exportações mundiais.A academia participa do setor de defesa principalmente por intermédio dos institutos militares, o IME e o ITA, que produzem pesquisa aplicada em proveito da defesa. O marco legal do setor está começando a se tornar organizado, com as recentes publcações das leis 12.598 e 12.249. Os centros de P&D em defesa, a caro das Forças Armadas, são atores importantes no setor, principalmente o CTEx, o CTMSP e o DCTA, pois produzem algumas das tecnologias e inovações das quais a BID eventualmente se apropria. Foi verificado, ainda, a existência de um grande número de grupos de pesquisa espalhados pelas principais universidades do país e por outros organismos não-acadêmicos, a exemplo do CNEN, os quais conduzem pesquisas em áreas relacionadas com a defesa. Os mecanismos de fomento têm direcionado uma expressiva quantidade de recursos financeiros para projetos de interesse da defesa. Finalmente, foi realizada uma análise SWOT do setor, que possibilitou ter uma ideia das forças, fraquezas, oportunidades e ameaças, as quais, se convenientemente tratadas, poderão contribiur para impulsionar a inovação no setor de defesa. Cabe ressaltar que a análise realizada nesta seção foi de fundamental importância para a composição dos temas-chave dos cenários futuros do setor, assunto que será tratado no capítulo a seguir.

6 METODOLOGIA DE ANÁLISE PROSPECTIVA E RESULTADOS

Este capítulo tem por objetivo apresentar a metodologia de análise prospectiva elaborada para o setor de defesa no Brasil. Será apresentada uma visão geral da metodologia e do universo pesquisado, seguida pela apresentação dos resultados em três eixos da pesquisa: sistemas e materiais, tecnologias e indústria de defesa. Por fim, será apresentada a ferramenta MAC e as análises realizadas com os cenários do setor de defesa.

6.1 Visão geral

A pesquisa de campo teve início em 2008 e foi concluída em 2012, ou seja, teve cerca de 4 (quatro) anos de duração. Participaram na qualidade de especialistas cerca de 2.000 (dois mil) respondentes, das mais diversas áreas de atuação. Dessa forma, tratou-se de um trabalho inédito, de grande envergadura e longa duração. Neste capítulo, será apresentada a metodologia de análise prospectiva desenvolvida, bem como os resultados de sua aplicação, em termos de sistemas, materiais, tecnologias e cenários.

A pesquisa teórica realizada levou à conclusão de que três perguntas fundamentais deveriam nortear a definição de qualquer metodologia de análise prospectiva para o setor de defesa a ser proposta, a saber:

1) Quais são os materiais, ou sistemas (ou mais genericamente, produtos de defesa), que o Exército Brasileiro deverá possuir em 2030?

2) Quais são as tecnologias que deverão ser dominadas, até 2030, a fim de viabilizar a obtenção, por P&D, daqueles materiais/sistemas?

3) A indústria de defesa nacional terá condições de produzir os materiais/sistemas necessários, em 2030?

Dessa forma, a metodologia de análise prospectiva para a defesa foi desenhada em torno de três eixos:

1) Eixo 1: Sistemas e materiais de emprego militar necessários ao EB;
2) Eixo 2: Tecnologias a serem pesquisadas e dominadas pelo EB; e
3) Eixo 3: Cenários da indústria nacional de defesa.

Portanto, a concepção geral da metodologia de análise prospectiva consiste na realização de pesquisa em torno dos três eixos citados, e a integração dos resultados das pesquisas em um único processo de análise, de forma a extrair algumas conclusões que possam subsidiar o seguinte:

1) definição de projetos ou programas de P&D de produtos de defesa, incluindo o domínio das tecnologias necessárias para obtê-los. Tais projetos/programas iniciariam desde já, de forma obter os sistemas e materiais necessários ao EB 2030; e

2) definição de Ações Estratégicas para viabilizar a produção daqueles produtos de defesa pela indústria nacional de defesa.

A Figura 56 ilustra a concepção geral da metodologia de análise prospectiva:

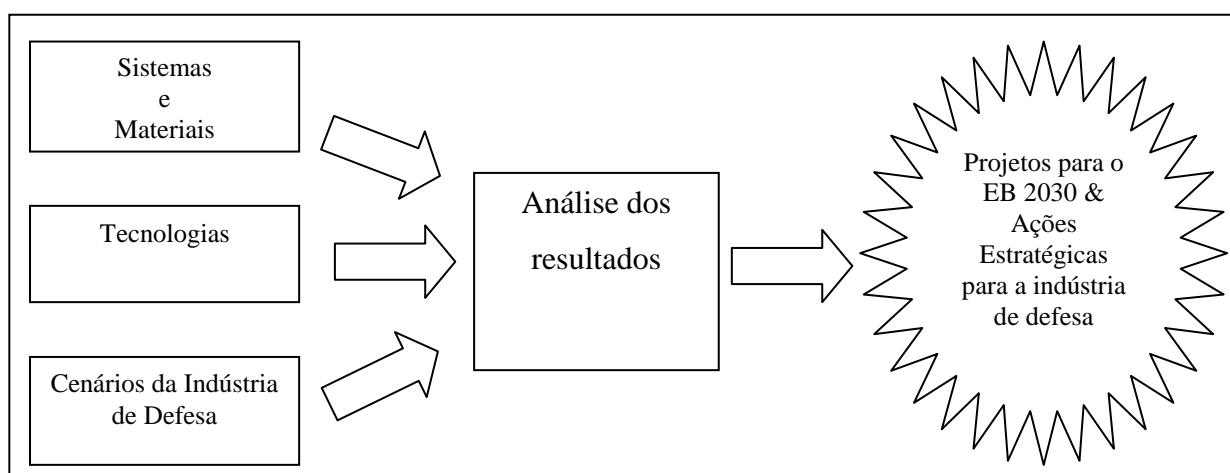



Figura 56: concepção geral da metodologia de análise prospectiva

Fonte: o autor

6.2 Universo pesquisado

A pesquisa de campo contou com a participação de 1.990 (mil novecentos e noventa) respondentes, sendo que 1.183 (mil cento e oitenta e três) (59,4%) concluíram todas as perguntas do questionário. Os respondentes se auto-avaliaram quanto ao seu conhecimento de assuntos militares, sendo que os critérios para a auto-avaliação foram os seguintes:

1) Perito: profundo conhecedor, estuda o assunto com profundidade, faz parte do metiê;

2) Autodidata: conhece bem, estuda o assunto com muito interesse;

3) Procuro me informar: conhece razoavelmente, lê sobre o assunto-sempre-que pode;

4) Conheço pouco: lê sobre o assunto às vezes; e

5) Desconheço completamente: nunca lê sobre o assunto.

O resultado da auto-avaliação é mostrado na Figura 57.

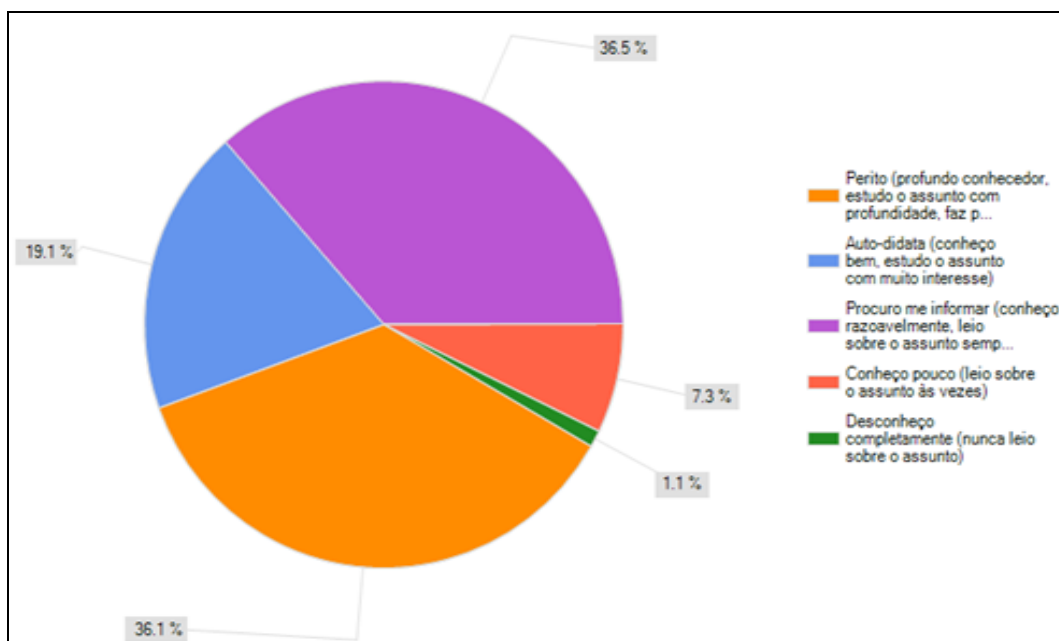



Figura 57: resultado da auto-avaliação dos respondentes

Fonte: o autor

Foi também solicitado que os respondentes indicassem a área de ocupação, definidas como segue:

1) Poder Executivo;
2) Poder Legislativo;
3) Poder Judiciário;
4) Acadêmica;
5) Empresário;
6) Mídia;
7) Militar da ativa; e
8) Militar da reserva/reformado.

O resultado da distribuição por áreas é mostrado na Figura 58.

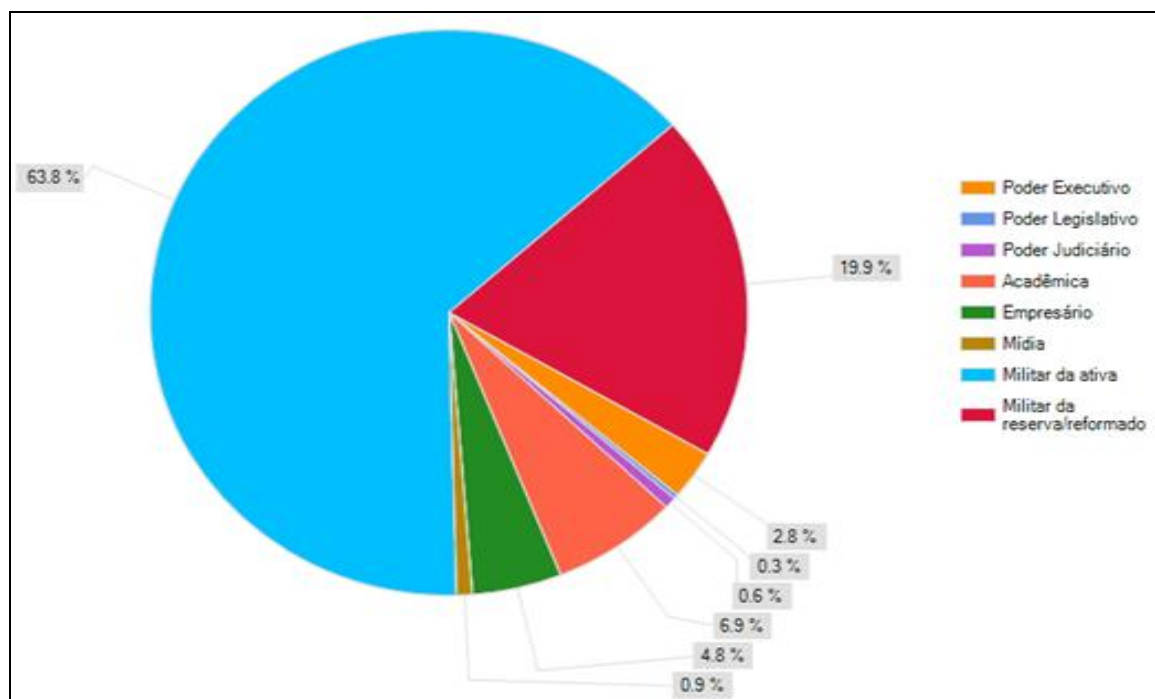



Figura 58: distribuição dos respondentes por área de ocupação

Fonte: o autor

6.3 Primeiro Eixo: Sistemas e Materiais de Emprego Militar

No primeiro eixo da pesquisa de campo, procurou-se antecipar os sistemas e materiais de emprego militar que o Exército deverá possuir em 2030. Para orientar o levantamento desses sistemas e materiais, julgou-se adequado elaborar as perguntas em torno de Sistemas Operacionais (SO), ao quais são definidos no Manual de Campanha C 100-5 “Operações” da seguinte forma:

> Os elementos de combate, apoio ao combate e logísticos interagem, integrando sistemas operacionais, que permitem ao comandante coordenar o emprego oportuno e sincronizado de seus meios no tempo, no espaço e na finalidade. Os sistemas operacionais são: comando e controle; inteligência; manobra; apoio de fogo; defesa antiaérea; mobilidade, contramobilidade e proteção; e logístico. (BRASIL, 1997)

Portanto, o manual C 100-5 define sete sistemas operacionais, a saber: Comando e Controle (C2); Inteligência (I); manobra (M); Apoio de Fogo (AF); Defesa Antiaérea (DA); Mobilidade, Contramobilidade e Proteção (MCP); e Logístico (L). Para cada um dos sete SO foi feita a seguinte pergunta: “Considerando o Sistema Operacional [X], cite um meio (material ou sistema) de emprego militar que daria uma significativa vantagem para o EB 2030”.

As questões sobre os sistemas e materiais de emprego militar para o EB 2030 foram abertas, ou seja, nesse eixo tratou-se de uma pesquisa qualitativa.

Os resultados foram tratados, retirando-se as ambigüidades, e em seguida a freqüência das palavras foi analisada em um software disponível livremente na rede mundial de computadores denominado “*Wordle*” (http://www.wordle.net/), o qual apresenta graficamente os termos mais freqüentes em uma fonte maior. O método mostrou-se extremamente adequado, possibilitando uma análise rápida e fácil dos sistemas e materiais mais mencionados, como será visto a seguir, para cada sistema operacional.

6.3.1 Manobra

A manobra é uma ação estratégica militar, um princípio de guerra[5] e um elemento fundamental do poder de combate. Resumidamente, consiste na combinação de fogo e movimento para posicionar-se, no campo de batalha, de maneira vantajosa em relação ao inimigo. Ela cria as condições para a conquista dos objetivos táticos, estratégico-operacionais ou estratégicos (BRASIL, 1997). O resultado da pesquisa para o SO Manobra é mostrado na Figura 59.

Figura 59: sistemas e materiais para o SO Manobra

Fonte: o autor

A pesquisa para o SO Manobra apontou os seguintes Sistemas/Materiais para o EB 2030 (por ordem de prioridade):

1) Blindados de rodas;

2) Helicópteros de ataque;

3) Helicópteros de transporte;

4) Blindados de lagartas; e

5) Embarcações.

6.3.2 Comando e Controle

Esse SO permite aos comandantes de todos os escalões visualizar o campo de batalha, apreender a situação e dirigir as ações militares necessárias à vitória. Também estabelece as ligações necessárias ao exercício do comando, às comunicações entre os postos de comando e entre os comandantes e seus estados-maiores, quando aqueles deixam a área do posto de comando (Brasil, 1997). O resultado da pesquisa para o SO C2 é mostrado na Figura 60.

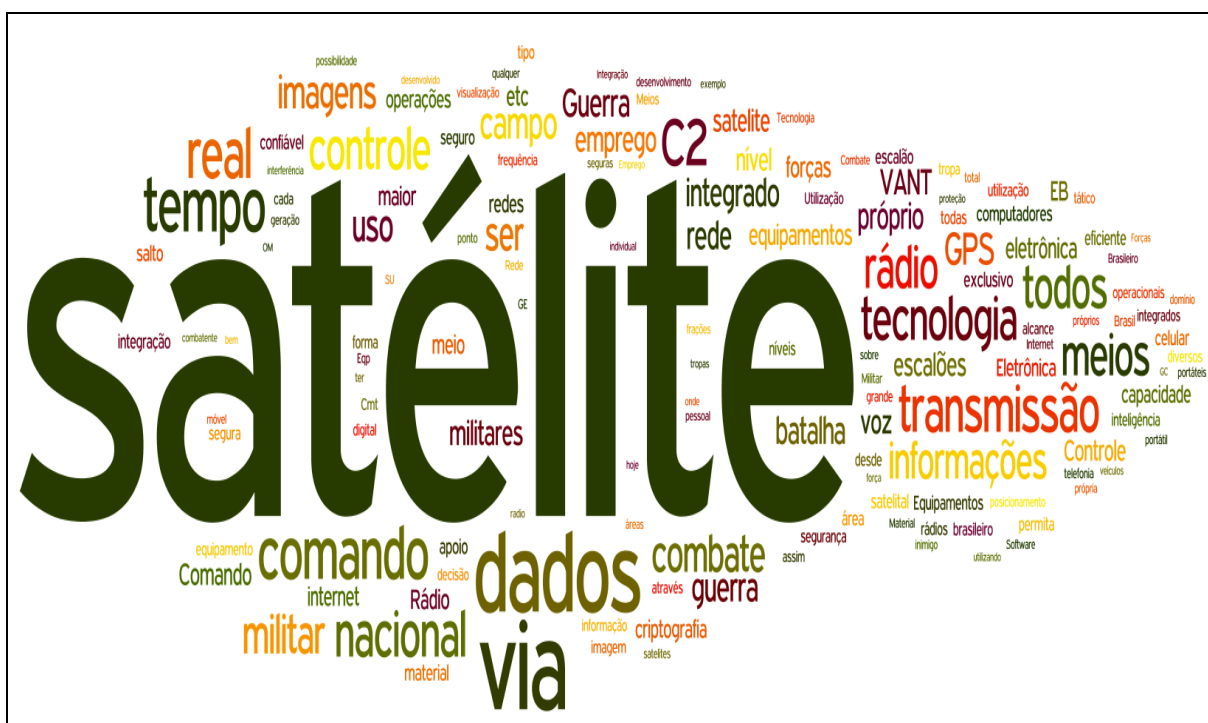



Figura 60: **sistemas e materiais para o SO C2**

Fonte: o autor

Para o Sistema Operacional C2, a pesquisa apontou os seguintes Sistemas/materiais para o EB 2030 (por ordem de prioridade):

1) Satélite de comunicações;

2) Software de C2;

3) Sistema de GPS independente;

4) Redes de comunicações de dados; e

5) Equipamentos de rádio-comunicação.

6.3.3 Inteligência

As operações de inteligência são esforços organizados para coleta, análise e difusão de informações precisas e oportunas sobre a área de operações e o inimigo. Para fornecer uma visão precisa do campo de batalha, exige direção centralizada, ação simultânea em todos os níveis de comando e difusão oportuna das informações pela cadeia de comando (BRASIL, 1997). O resultado da pesquisa para o Sistema Operacional Inteligência é mostrado na Figura 61.

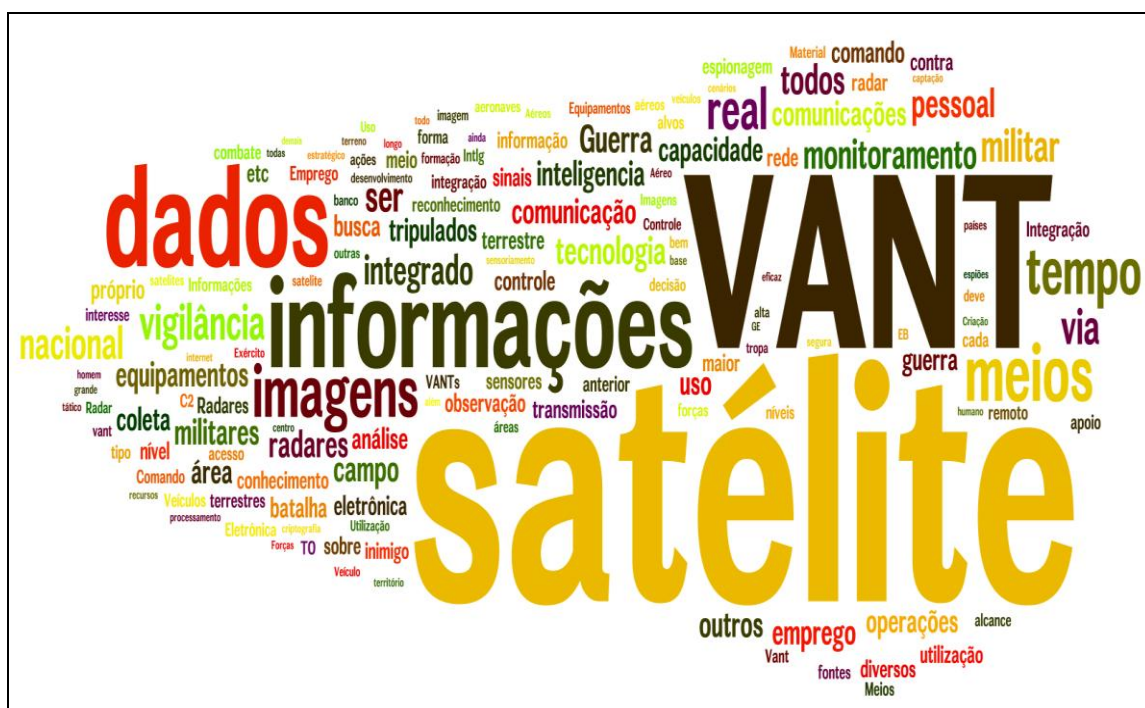



Figura 61: sistemas e materiais para o SO Inteligência

Fonte: o autor

Para o Sistema Operacional Inteligência a pesquisa apontou os seguintes Sistemas/Materiais para o EB 2030 (por ordem de prioridade):

1) Satélite de comunicações;

2) VANT;

3) Sistema de informações por imagens;

4) Sistema de vigilância e monitoramento; e

5) Radar.

6.3.4 Apoio de fogo

A sincronização dos fogos com a manobra é crucial para o sucesso das operações. O sistema de apoio de fogo realiza a sincronização do fogo orgânico, do aéreo e do naval com a manobra idealizada. O sistema de apoio de fogo está ligado diretamente aos de manobra, inteligência, logística e comando e controle e proporciona ao comandante a capacidade de tirar o máximo proveito da aplicação de fogos em toda a profundidade do campo de batalha (BRASIL, 1997). O resultado da pesquisa para o SO Apoio de Fogo é mostrado na Figura 62.

Figura 62: sistemas e materiais para o SO Apoio de Fogo

Fonte: o autor

A pesquisa para o Sistema Operacional Apoio de Fogo apontou os seguintes Sistemas/Materiais para o EB 2030 (por ordem de prioridade):

1) Mísseis e Foguetes de longo alcance;

2) Sistema de Lançadores Múltiplos de Foguetes;

3) Obuseiro Autopropulsado;

4) Munições inteligentes; e

5) Sistema informatizado de apoio de fogo.

6.3.5 Defesa antiaérea

O SO defesa Antiaérea coordena as atividades de defesa antiaérea de todos os elementos envolvidos no combate, embora a parte mais significativa fique a cargo das unidades de artilharia antiaérea. Também estabelece a coordenação com a Força Aérea e a Aviação do Exército, estabelecendo medidas de controle do espaço aéreo e coletando, analisando e difundindo informações sobre o inimigo aéreo. Sua atuação também ajuda a prevenir a ocorrência de baixas e danos provocados pelo fogo amigo terrestre ou aéreo (BRASIL, 1997). O resultado da pesquisa para o SO Defesa Antiaérea é mostrado na Figura 63.

Figura 63: sistemas e materiais para o SO Defesa Antiaérea.

Fonte: o autor

A pesquisa para o Sistema Operacional Defesa Antiaérea apontou os seguintes Sistemas/Materiais para o EB 2030 (por ordem de prioridade):

1) Mísseis de média altura;

2) Radar;

3) Mísseis de grande altura;

4) Mísseis de baixa altura; e

5) Sistema Integrado de Defesa Antiaérea.

6.3.6 Mobilidade, Contramobilidade e Proteção

As operações de mobilidade preservam a liberdade de manobra das forças amigas. Incluem a abertura de trilhas e brechas nos obstáculos inimigos, a melhoria da circulação no campo de batalha, a construção de meios para a transposição de cursos de água obstáculos (...). As medidas de contramobilidade visam a impedir ou dificultar a mobilidade do inimigo. Incluem nossa manobra e fogos, a construção de obstáculos e o emprego de fumígenos. As operações de proteção procuram proteger nossas tropas dos efeitos dos sistemas de armas inimigos e de fenômenos naturais (...). Entre outras, compreendem a fortificação de posições, a simulação e dissimulação, a dispersão e as operações de segurança (BRASIL, 1997). O resultado da pesquisa para o SO MCP é mostrado na Figura 64.

Figura 64: sistemas e materiais para o SO MCP

Fonte: o autor

A pesquisa para o Sistema Operacional Mobilidade Contramobilidade e Proteção apontou os seguintes Sistemas/Materiais para o EB 2030 (por ordem de prioridade):

1) Blindados especializados;

2) Pontes;

3) Equipamentos de abertura de brechas;

4) Lançadores de minas; e

5) Material de transposição de obstáculos.

6.3.7 Logístico

O sistema incorpora técnicas especializadas e se estrutura para cumprir as funções logísticas. Organiza-se em torno das atividades funcionais, respeitando a interpenetrabilidade entre elas e a melhor funcionalidade e especialização em cada escalão.(...) Orienta-se, fundamentalmente, para o apoio ao pessoal e ao material dos elementos de combate e de apoio ao combate. Deve integrar-se perfeitamente ao sistema de manobra. Aplica-se em todo o espectro das operações militares e em todos os escalões. É essencial para o funcionamento das organizações militares em situações de paz ou de combate e precisa operar ininterruptamente (BRASIL, 1997). O resultado da pesquisa para o SO Logístico é mostrado na Figura 65.

Figura 65: sistemas e materiais para o SO Logístico

Fonte: o autor

A pesquisa para o Sistema Operacional Logístico apontou os seguintes Sistemas/Materiais para o EB 2030 (por ordem de prioridade):

1) Sistema de transporte;

2) Viaturas especializadas;

3) Sistema informatizado de controle logístico;

4) Sistema informatizado de mobilização; e

5) Helicóptero de grande capacidade de carga.

6.3.8 Importância dos Sistemas Operacionais

Solicitou-se que os respondentes indicassem qual a importância de cada SO para o Exército em 2030. O resultado é apresentado na Figura 66.

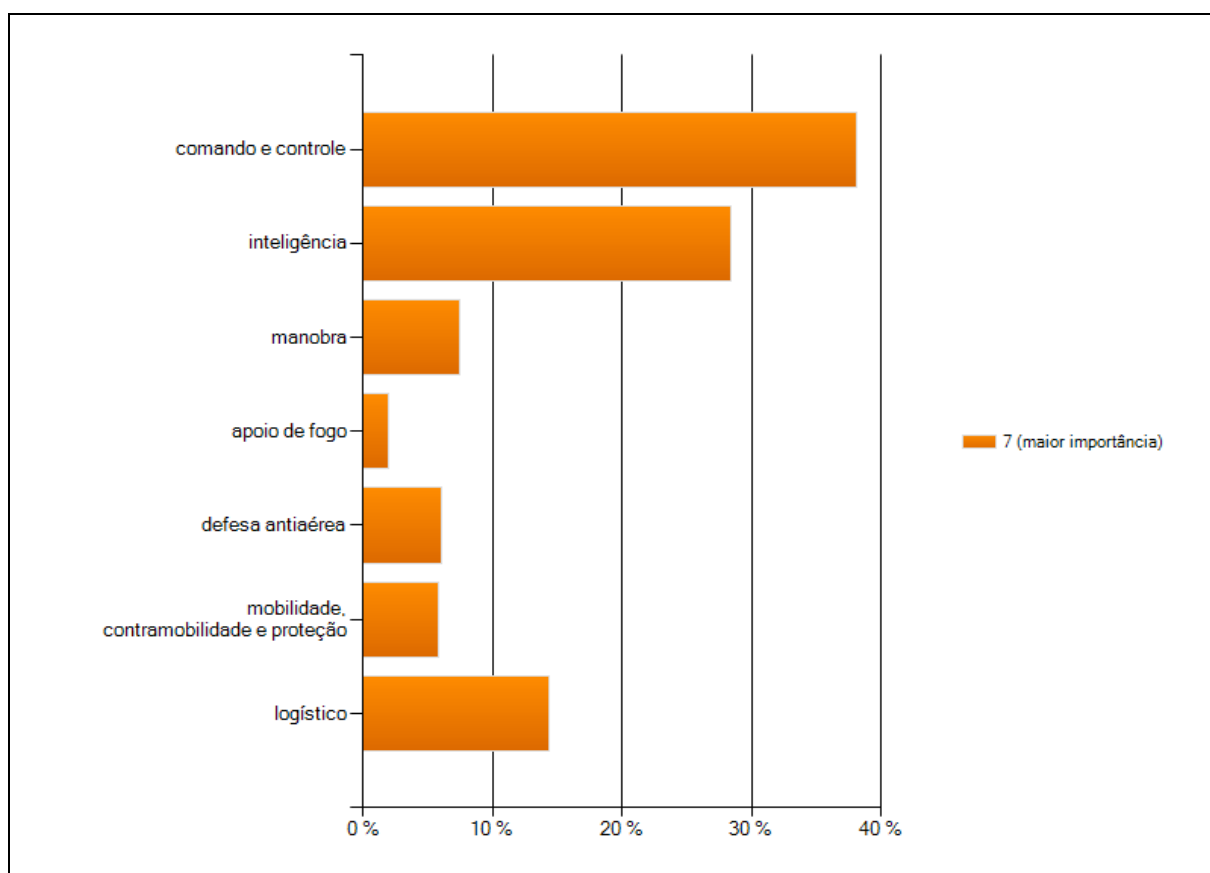



Figura 66: importância dos sistemas operacionais para o EB 2030

Fonte: o autor

A importância dos sistemas operacionais serve de parâmetro para decidir sobre projetos de P&D. Por exemplo, se houver necessidade de decidir entre investir na P&D de um sistema de comando e controle e um sistema de simulação de apoio de fogo, o primeiro poderá ser escolhido, optando-se por adquirir o segundo. Finalmente, com o resultado desse primeiro eixo, é possível ao Exército ter uma noção dos materiais e sistemas que ele necessitará possuir em 2030.

6.4 Segundo Eixo: Tecnologias

O segundo eixo da pesquisa de campo tratou de levantar as tecnologias que o Exército precisará dominar, até 2030, a fim de viabilizar o desenvolvimento dos sistemas e materiais apontados na fase anterior. Para tanto, tomou-se por base um conjunto de 23 tecnologias de interesse da defesa, previamente levantadas em um trabalho realizado pelo Ministério da Defesa em conjunto com o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, e divulgadas em um documento denominado "Concepção Estratégica – Ciência Tecnologia e Inovação de Interesse da Defesa Nacional" (BRASIL, 2003). São elas:

1) Ambiente de Sistemas de Armas;
2) Controle de Assinaturas;
3) Defesa Química, Biológica e Nuclear (QBN);
4) Dinâmica dos Fluidos Computacional;
5) Fontes Renováveis de Energia;
6) Fotônica;
7) Fusão de Dados;
8) Hipervelocidade;
9) Integração de Sistemas;
10) Inteligência de Máquinas e Robótica;
11) Materiais Compostos;
12) Materiais de Alta Densidade Energética;
13) Materiais e Processos em Biotecnologia;
14) Microeletrônica;
15) Navegação Automática de Precisão;
16) Potência Pulsada;
17) Propulsão com Ar Aspirado;
18) Radares de Alta Sensibilidade;
19) Reatores Nucleares;

20) Sensores Ativos e Passivos;

21) Sistemas de Informação;

22) Sistemas Espaciais; e

23) Supercondutividade.

Essas 23 tecnologias são descritas no apêndice C. No entanto, seria possível que alguma outra tecnologia que não constasse da lista acima fosse considerada como importante pelos respondentes. Por isso, foi perguntado se existiria alguma tecnologia que não constava da lista inicial, mas que seria importante para o EB 2030. Os destaques das respostas a essa pergunta foram cinco tecnologias: nanotecnologia; cibernética; robótica; materiais avançados; e biotecnologia, conforme é mostrado na Figura 67.

Figura 67: outras tecnologias importantes para o EB 2030

Fonte: o autor

A seguir, para cada uma das 23 tecnologias de interesse da defesa foram feitas as seguintes perguntas objetivas (questão quantitativa):

1) O(A) Sr(a) considera que o domínio das tecnologias [X], para o EB 2030, é:

- Imprescindível (valor = 5);
- Muito relevante (valor = 4);
- Relevante (valor = 3);
- Pouco relevante (valor = 2); e
- Irrelevante (valor = 1).

Para melhor compreensão, após obter a média das opiniões dos especialistas para a relevância, reconverteram-se os valores conforme o Quadro 21:

Quadro 21: associação de faixa de valores à relevância

Faixa de valor	Relevância
1 a 1,80	Irrelevante
1,81 a 2,60	Pouco relevante
2,61 a 3,40	Relevante
3,41 a 4,20	Muito relevante
4,21 a 5	Imprescindível

2) Qual Sistema Operacional o(a) Sr(a) julga que mais se beneficiaria da aplicação das tecnologias [X]?

- Apoio de Fogo (AF);
- Comando e Controle (C2);
- Inteligência (I);
- Manobra (M);
- Mobilidade, Contramobilidade e Proteção (MCP);
- Defesa Antiaérea (DA); e
- Logístico (L).

Perguntou-se, também, para cada uma das 23 tecnologias o seguinte: “O(A) Sr(a) vislumbra alguma possível aplicação das tecnologias [X] para o EB 2030? Cite qual(is).” A resposta a essa pergunta foi aberta (questão qualitativa).

Finalmente, foi feita a seguinte pergunta objetiva (questão quantitativa): “Escolha as 10 Tecnologias que o(a) Sr(a) considera prioritárias para a P&D do Exército, atribuindo as respectivas prioridades (de 1 a 10, sendo 1 = mais prioritário,10 = menos prioritário)”. O resultado dessa última pergunta, após as duas rodadas Delphi, está mostrado na Figura 68.

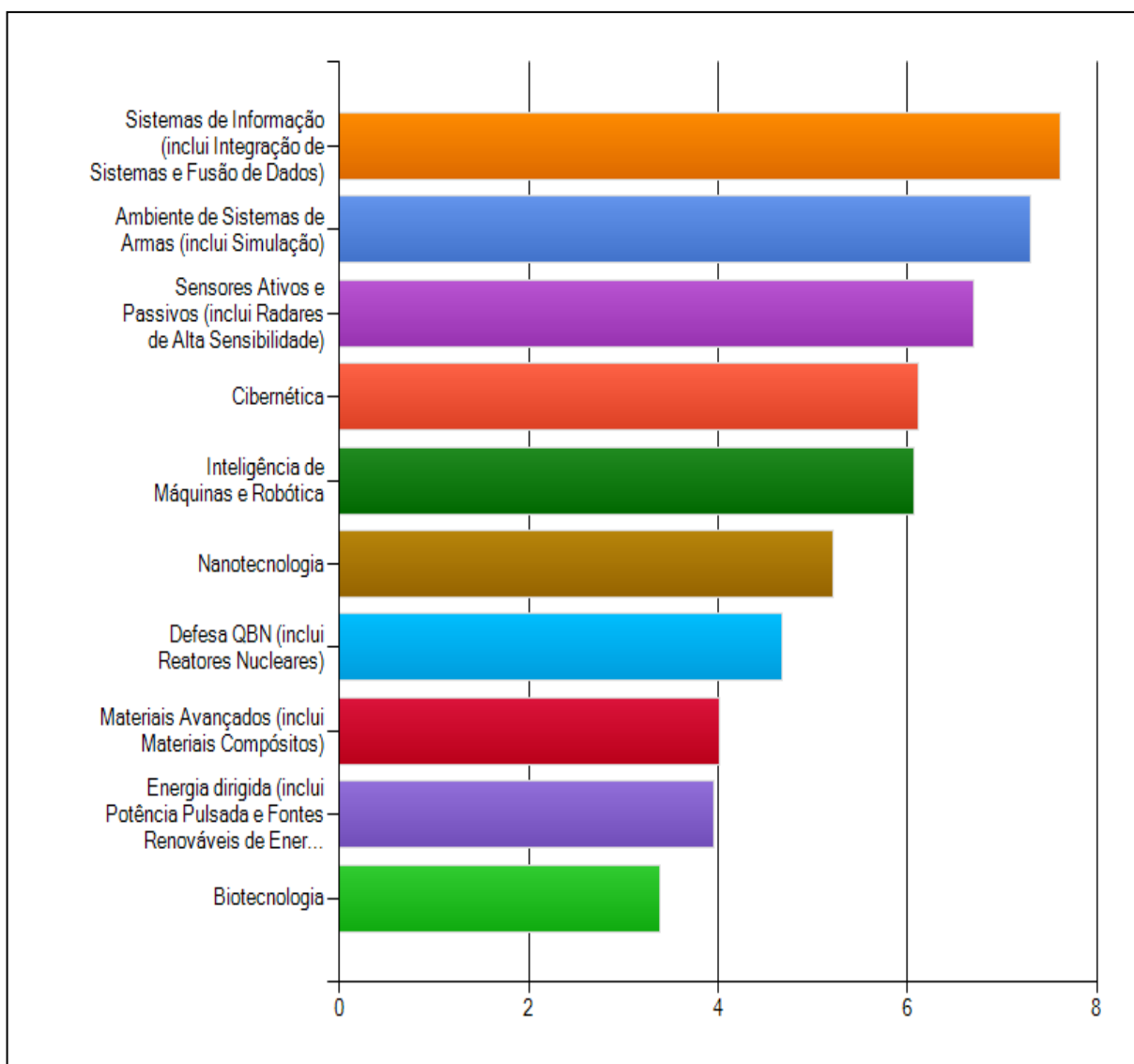



Figura 68: prioridade das tecnologias para o EB 2030

Fonte: o autor

6.4.1 Análise de possíveis aplicações das tecnologias

De posse dos resultados do segundo eixo, foi realizada uma análise a fim de determinar possíveis aplicações das tecnologias. Por exemplo, considere-se a tecnologia de Inteligência de Máquinas e Robótica (IMR), apontada como uma das 10 (dez) mais importantes a ser dominadas pelo EB até 2030. A pergunta sobre qual SO que mais se beneficiaria da aplicação dessa tecnologia apontou Mobilidade, Contramobilidade e Proteção, Manobra e Inteligência como os três SO que mais se beneficiariam da aplicação da mesma, conforme mostra a Figura 69.

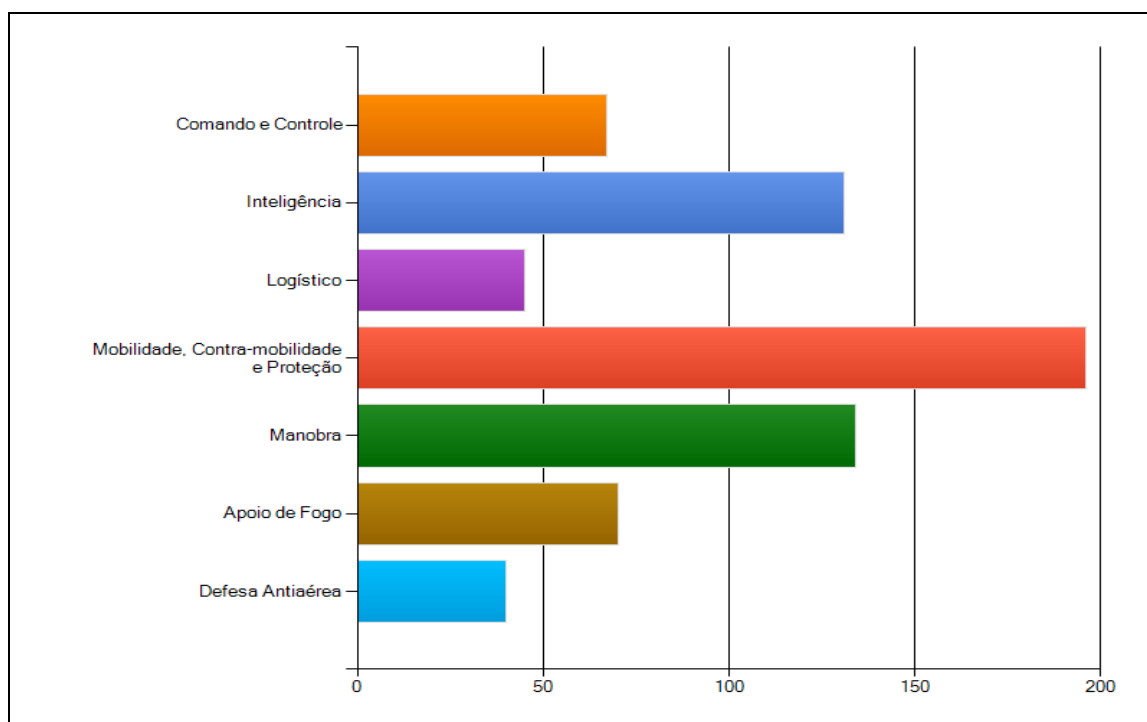



Figura 69: SO que mais se beneficiariam da tecnologia de IMR

Fonte: o autor

Em seguida, a pergunta sobre qual aplicação poderia ser obtida com essa tecnologia de Inteligência de Máquinas e Robótica obteve o resultado mostrado na Figura 70, onde se pode observar que robôs e VANT são as duas aplicações mais citadas entre os respondentes.

Figura 70 : possíveis aplicações da tecnologia de IMR

Fonte: o autor

Cruzando-se o resultado da primeira pergunta com o resultado da segunda pergunta, pode-se concluir sobre alguns possíveis projetos de P&D para atender as necessidades do EB 2030, por exemplo: Veículo Aéreo Não-Tripulado (Inteligência), Robô de desminagem (Mobilidade, Contramobilidade e Proteção), Robô de combate (Manobra), etc. A Figura 71 ilustra esses possíveis projetos de P&D envolvendo a tecnologia de Inteligência de Máquinas e Robótica para os citados SO.

Figura 71: possíveis projetos de P&D para 2030

Fonte: o autor

O Quadro 22 resume os resultados das perguntas deste segundo eixo da pesquisa de campo, na ordem de relevância para a indústria de defesa em 2030.

Quadro 22: resultados do segundo eixo da pesquisa de campo

Tecnologia	Relevância	SO mais beneficiado	Possíveis Aplicações para 2030
Radares de Alta Sensibilidade	4,57 (imprescindível)	Defesa Antiaérea	• Radar de vigilância de longo alcance • Sistema de sensoriamento remoto • Sistemas de vigilância e monitoramento
Sistemas de Informação	4,50 (imprescindível)	C2	• Sistema de Consciência Situacional • Supercomputação • Defesa cibernética
Ambiente de Sistemas de Armas	4,48 (imprescindível)	C2	• Sistemas de monitoramento, sensoriamento • Sistema de Reconhecimento • Satélites • Simuladores • Sistemas meteorológicos • Sistemas de consciência situacional
Integração de Sistemas	4,39 (imprescindível)	C2	• Sistema de Consciência Situacional • Apoio de fogo integrado • Integração de informações
Fusão de Dados	4,35 (imprescindível)	C2	• Sistema de vigilância por sensores • Veículos autônomos • Simuladores • Sistemas de comando e controle
Controle de Assinaturas	4,33 (imprescindível)	Inteligência	• Sistema de identificação amigo-inimigo • Camuflagem • Radares
Sensores Ativos e Passivos	4,32 (imprescindível)	Inteligência	• Radares • Mísseis • Veículos autônomos • Sistema de vigilância de fronteiras
Navegação Automática de Precisão	4,27 (muito relevante)	Inteligência	• VANT • VTNT • mísseis de cruzeiro • Munições inteligentes
Microeletrônica	4,23 (muito relevante)	C2	• Microondas de alta potência • Miniaturização de equipamentos
Defesa Química, Biológica e Nuclear (QBN)	4,08 (muito relevante)	MCP	• Proteção contra agentes QBN • Aarmamento nuclear • Abrigos • Equipamentos de descontaminação

			• Trajes de combate
Fontes Renováveis de Energia	4,06 (muito relevante)	Logístico	• Veículos • Baterias • Equipamentos
Sistemas Espaciais	4,06 (muito relevante)	C2	• Satélites • Escudo antimísseis • Sistema de posicionamento geográfico tipo “GPS”
Inteligência de Máquinas e Robótica	4,04 (muito relevante)	MCP	• Robôs de combate • VTNT • Munições inteligentes • Mísseis • Robôs de desminagem • Robôs de transporte de carga • VANT de combate
Materiais Compostos	4,03 (muito relevante)	MCP	• Blindagens • Proteção balística individual • Pontes • Abrigos
Reatores Nucleares	4,00 (muito relevante)	Logístico	• Geradores de energia • Munições
Materiais de Alta Densidade Energética	3,95 (muito relevante)	Apoio de Fogo	• Mísseis • Foguetes • Munições e explosivos de alto desempenho
Fotônica	3,84 (muito relevante)	C2	• Redes de comunicações estratégicas • Dispositivos de visão noturna • Sensores • Computadores de alto desempenho
Hipervelocidade	3,79 (muito relevante)	Apoio de Fogo	• Artilharia antiaérea • Munição anticarro • Lançamento de microsatélites
Potência Pulsada	3,64 (muito relevante)	Apoio de Fogo	• Arma antisatélite • LASER de alta potência • Armas de pulso eletromagnético • Armas de microondas • Armas não-letais
Materiais e Processos em Biotecnologia	3,58 (muito relevante)	Logístico	• Sistemas defensivos contra armas biológicas • Combustíveis • Materiais biodegradáveis • Alimentos • Medicamentos
Propulsão com Ar Aspirado	3,49 (muito relevante)	MCP	• VANT • Mísseis de cruzeiro • Helicópteros
Supercondutividade	3,44 (muito relevante)	C2	• Computação de alto desempenho • Sensores • Aceleradores de projéteis
Dinâmica dos Fluidos Computacional	3,35 (relevante)	C2	• Mísseis • Foguetes • Munições

6.4.2 Análise do grau de benefício das tecnologias

Uma outra análise que pode ser feita é quanto ao grau de benefício da tecnologia por SO. Esse grau de benefício foi obtido a partir das respostas dos respondentes à questão 2: “Qual Sistema Operacional o(a) Sr(a) julga que mais se beneficiaria da aplicação das tecnologias [X]?”. Os respondentes deveriam então indicar, dentre os sete sistemas operacionais, qual aquele que seria o mais beneficiado pela tecnologia em questão. Por exemplo, a pergunta “Qual Sistema Operacional o(a) Sr(a) julga que mais se beneficiaria da aplicação das tecnologias de Radares de Alta Sensibilidade?” obteve a seguinte resposta (média das respostas de todos os respondentes):

- C2: 18,9%;
- Inteligência: 21,7%;
- Logístico: 0,6%;
- MCP: 4,7%;
- Manobra: 2,0%;
- Apoio de Fogo: 1,6%; e
- Defesa Antiaérea: 50,5%.

As média das respostas dadas pelos respondentes foram então convertidas em conceitos conforme o Quadro 23.

Quadro 23: conversão de percentual de benefício em conceito

Percentual alcançado (%)	Benefício
0 a 24,9	Fraco
25 a 49,9	Moderado
50 a 74,9	Forte
75 a 100	Muito forte

Esses conceitos estão consolidados no Quadro 24, o qual mostra o grau de benefício das tecnologias para cada SO.

Quadro 24: grau de benefício das tecnologias para os sistemas operacionais

Tecnologias	C2	I	M	MCP	L	AF	DA	Total
Radares de Alta Sensibilidade	1	1	1	1	1	1	3	9
Sistemas de Informação	3	1	1	1	1	1	1	9
Ambiente de Sistemas de Armas	2	1	1	1	1	1	1	8
Integração de Sistemas	2	1	1	1	1	1	1	8
Fusão de Dados	3	2	1	1	1	1	1	10
Controle de Assinaturas	1	2	1	1	1	1	1	8
Sensores Ativos e Passivos	1	2	1	1	1	1	1	8
Navegação Automática de Precisão	1	1	1	1	1	1	1	7
Microeletrônica	3	1	1	1	1	1	1	9
Defesa Química, Biológica e Nuclear (QBN)	1	1	2	2	1	1	1	9
Fontes Renováveis de Energia	1	1	1	1	3	1	1	9
Sistemas Espaciais	2	2	1	1	1	1	1	9
Inteligência de Máquinas e Robótica	1	1	1	2	1	1	1	8
Materiais Compostos	1	1	1	2	1	1	1	8
Reatores Nucleares	1	1	1	1	3	1	1	9
Materiais de Alta Densidade Energética	1	1	1	1	1	3	1	9
Fotônica	3	1	1	1	1	1	1	9
Hipervelocidade	1	1	1	1	1	2	2	9
Potência Pulsada	1	1	1	1	1	2	1	8
Materiais e Processos em Biotecnologia	1	1	1	1	3	1	1	9
Propulsão com Ar Aspirado	1	1	1	1	1	1	1	7
Supercondutividade	2	1	1	1	2	1	1	9
Dinâmica dos Fluidos Computacional	1	1	1	1	1	1	1	7
Total	35	27	24	26	30	27	26	-

Legenda: 1=fraco; 2=moderado (azul); 3=forte (amarelo); 4=muito forte

Do ponto de vista das tecnologias, verifica-se que nenhuma delas apresentou, na opinião dos respondentes, um benefício “muito forte” para algum SO em particular. No entanto, verifica-se que nove tecnologias apresentaram um benefício “forte” para algum SO, conforme mostra o Quadro 25.

Quadro 25: tecnologias que oferecem um benefício forte para algum SO

Tecnologia	Sistema Operacional
radares de alta sensibilidade	Defesa Antiaérea
sistemas de informação	C2
fusão de dados	C2
microeletrônica	C2
fotônica	C2
fontes renováveis de energia	Logístico
reatores nucleares	Logístico
materiais e processos em biotecnologia	Logístico
materiais de alta densiodade emergética	Apoio de Fogo

Doze tecnologias apresentaram um benefício “moderado” para algum SO, conforme resumido no Quadro 26.

Quadro 26: tecnologias que oferecem um benefício moderado para algum SO

Tecnologia	Sistema Operacional
ambiente de sistemas de armas	C2
integração de sistemas	C2
fusão de dados	Inteligência
controle de assinaturas	Inteligência
sensores ativos e passivos	Inteligência
DQBN	Manobra e MCP
sistemas espaciais	C2 e Inteligência
inteligência de máquinas e robótica	MCP
materiais compostos	MCP
hipervelocidade	Apoio de Fogo e Defesa Antiaérea
potência pulsada	Apoio de Fogo
supercondutividade	C2 e Logístico

Cabe ressaltar que o resultado mostrou que todas as tecnologias beneficiariam fortemente ou moderadamente algum sistema operacional, exceto “Propulsão com Ar Aspirado” e “Dinâmica dos Fluidos Computacional”. Isso é coerente, uma vez que essas duas últimas tecnologias são mais úteis em aplicações aeronáuticas, e os sistemas operacionais que estão sendo “julgados” neste trabalho são de emprego terrestre.

Do ponto de vista dos SO, aqueles que seriam beneficiados fortemente por alguma tecnologia são apresentados no Quadro 27.

Quadro 27: SO que seriam fortemente beneficiados por alguma tecnologia

Sistema Operacional	Tecnologias
C2	sistemas de informação; fusão de dados; microeletrênica; e fotônica
Logístico	fontes renováveis de energia; reatores nucleares; e materiais e processo em biotecnologia
Apoio de Fogo	materiais de alta densidade energética
Defesa Antiaérea	radares de alta sensibilidade

Ressalta-se que os sistemas operacionais Inteligência, Manobra e MCP não seriam beneficiados fortemente por nenhuma tecnologia em particular. Finalmente, os SO que se beneficiariam moderadamente de alguma tecnoloiga são relacionados no Quadro 28.

Quadro 28: SO que seriam moderadamente beneficiados por alguma tecnologia

Sistema Operacional	Tecnologias
C2	ambiente de sistemas de armas; integração de sistemas; sistemas espaciais; e supercondutividade
Inteligência	fusão de dados; controle de assinaturas; sensores ativos e passivos; sistemas espaciais
Manobra	DQBN
MCP	DQBN, inteligência de máquinas e robótica; e materiais compostos
Logístico	supercondutividade
Apoio de Fogo	hipervelocidade; e potência pulsada
Defesa Antiaérea	hipervelocidade

6.4.3 Análise do grau de impacto

Pode-se fazer uma análise do Grau de Impacto (GI) de dois pontos de vista distintos: impacto global das tecnologias sobre os SO e impacto que os SO sofrem das tecnologias, de uma maneira global. Do ponto de vista da tecnologia, o grau de impacto da mesma sobre os SO, considerado de uma maneira global, pode ser calculado com a seguinte fórmula:

GI = Grau total obtido pela tecnologia/10

Por exemplo, o grau total de impacto da tecnologia "radares de alta sensibilidade" para os SO é 9/10 = 0,9. O resultado é apresentado na Figura 72.

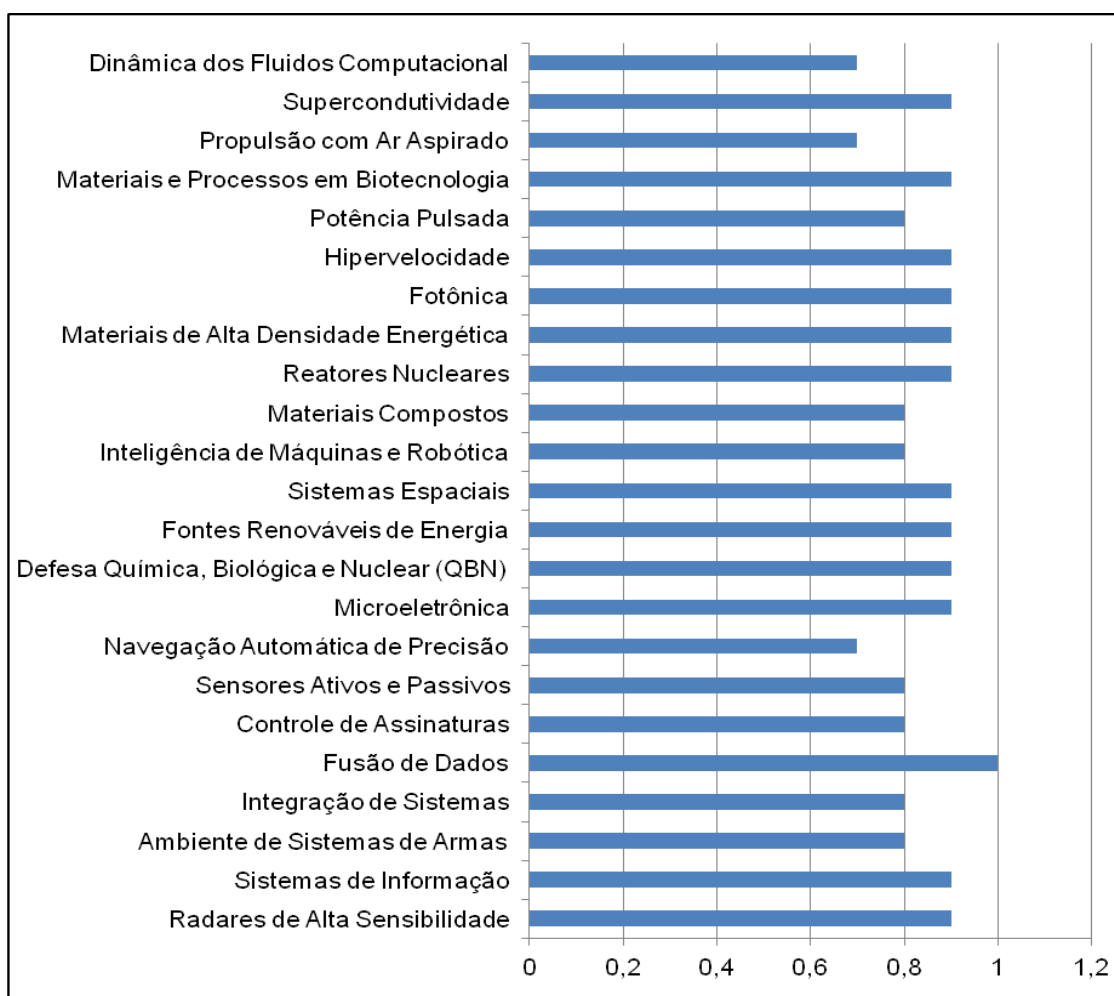



Figura 72: grau de impacto global das tecnologias sobre os SO

Fonte: o autor

Os valores obtidos foram convertidos em conceitos, para melhor compreensão, conforme o Quadro 29.

Quadro 29: conversão de valores de impacto em conceitos

Valor alcançado (GI)	Impacto da tecnologia
1	Muito forte
0,9	Forte
0,8	Moderado
GI < 0,8	Fraco

Assim, observa-se que a tecnologia que mais impactaria os sistemas operacionais, como um todo, é a tecnologia de fusão de dados, que alcançou um fator de impacto global GI = 1 (muito forte). As tecnologias que alcançaram um fator de impacto global forte (GI = 0,9) são:

- radares de alta sensibilidade;
- sistemas de informação;
- microeletrônica;
- DQBN;
- fontes renováveis de energia;
- sistemas espaciais;
- reatores nucleares;
- materiais de alta densidade energética;
- fotônica;
- hipervelocidade;
- materiais e processos em biotecnologia; e
- supercondutividade.

As tecnologias com fator de impacto global moderado (GI = 0,8) são:

- potência pulsada;
- materiais compostos;
- inteligência de máquinas e robótica;
- sensores ativos e passivos;
- controle de assinaturas;
- integração de sistemas; e

- ambiente de sistemas de armas.

As tecnologias com fator de impacto global fraco (GI < 0,8) são:

- dinâmica dos fluidos computacional;
- propulsão com ar aspirado; e
- navegação automática de precisão.

Do ponto de vista dos SO, pode ser feita uma análise de qual deles é mais impactado pelas tecnologias de interesse da defesa, de uma forma global. Nesse caso, a fórmula empregada foi:

GI = total do grau do SO/92

No caso, o denominador é o grau máximo que poderia ser atingido (4 x 23 = 92). Por exemplo, o SO C2 possui um grau total de 35. Então seu GI = 35/92 = 0,38. Fazendo o cálculo para todos os sistemas operacionais, resultou a Figura 73.

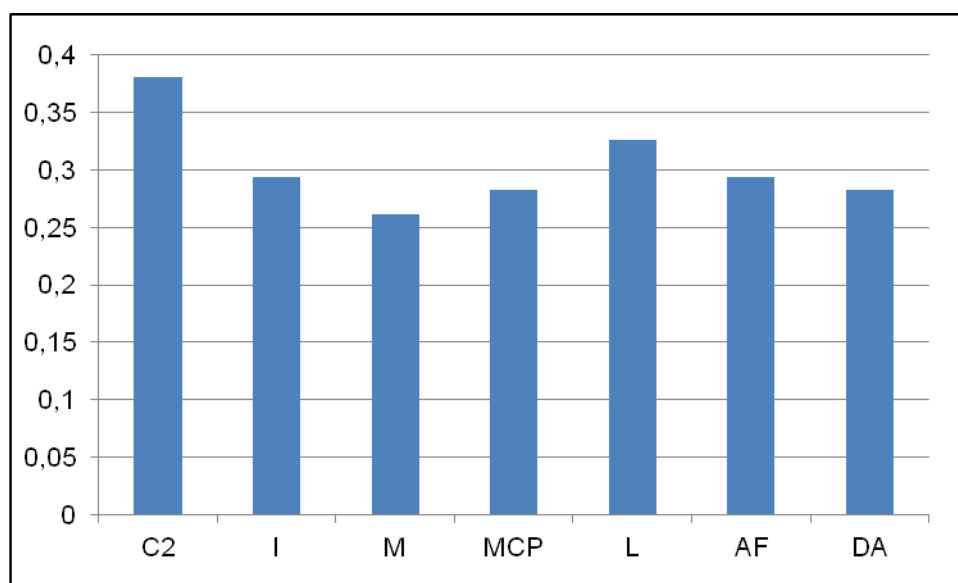



Figura 73: grau de impacto global sofrido pelo sistema operacional

Fonte: o autor

Assim, verifica-se que o sistema operacional C2 é o mais impactado, de forma global, pelas tecnologias de interesse da defesa, seguido por Logístico, Inteligência, Apoio de Fogo, MCP, Defesa Antiaérea e Manobra.

6.5 Terceiro Eixo: Cenários Prospectivos da Indústria de Defesa

O terceiro eixo da pesquisa de campo tratou dos cenários da indústria de defesa para 2030. Para esse eixo, foi escolhido o Método de Cenários Quantificados, apoiado por Análise Morfológica. Assim, essa fase foi eminentemente quantitativa. Em particular, optou-se pela Análise Morfológica por influência do trabalho de Valle (2005), que utilizou esta técnica para desenvolver os cenários do setor de biotecnologia no Brasil. Considerou-se muito adequado o método utilizado por aquele pesquisador também para o setor de defesa. O método de Análise Morfológica é muito empregado em análise de cenários por Michel Godet. Foram apresentados os temas que precisavam ser esclarecidos, a fim de conformar um panorama da Indústria de Defesa, em 2030. Para cada tema foi apresentado um breve texto introdutório e 3 (três) possíveis futuros previamente definidos, denominados "visão de futuro". Cada visão de futuro possui um nome e uma descrição, da seguinte forma: "Visão X (nome): descrição." Por exemplo, considere-se o Tema 1: Desenvolvimento de Capacitações Tecnológicas Independentes. Sobre esse tema é apresentado ao respondente o seguinte texto:

"A Indústria de Defesa deverá buscar o desenvolvimento de capacitações tecnológicas independentes. Essa meta condicionará as parcerias com países e empresas estrangeiras ao desenvolvimento progressivo de pesquisa e de produção no País." (Estratégia Nacional de Defesa)

A seguir, informa-se ao respondente que, sobre o tema "Desenvolvimento de Capacitações Tecnológicas Independentes", são visualizados os seguintes futuros possíveis:

- Visão 1 (independência tecnológica total): o Brasil avança de forma significativa na P&D de tecnologias de interesse da defesa e alcança independência tecnológica total em 2030.

- Visão 2 (dependência tecnológica fraca): o Brasil avança razoavelmente na P&D de interesse da Defesa e alcança independência tecnológica na maioria das

áreas estratégicas, como a espacial, a cibernética e a nuclear, mas permanece dependente em outras áreas estratégicas, em 2030.

- Visão 3 (dependência tecnológica forte): o Brasil avança pouco na P&D de tecnologias de interesse da Defesa e alcança independência tecnológica em algumas áreas, porém permanece dependente na maioria das áreas estratégicas, como a espacial, a cibernética e a nuclear, em 2030.

Ao todo, foram trabalhados 20 temas, sendo 4 da área de C&T, 5 da área econômica, 3 da área militar, 4 da área política e 4 da área social, conforme mostrado no Quadro 30.

Quadro 30: áreas e temas para análise de cenários

Área	**Tema**
C&T	Desenvolvimento de Capacitações Tecnológicas Independentes
Economia	Integração da Pesquisa com a Produção
Economia	Estabelecimento de Regime Regulatório e Tributário Especial
Militar	Eclosão de Conflito Armado na América do Sul
C&T	Ampliação do Conteúdo Tecnológico dos Produtos e Serviços de Defesa
Social	Elevação do Nível de Capacitação de Recursos Humanos
Militar	Participação Brasileira nas Operações de Paz
Militar	Ampliação da Cooperação Militar do Brasil com Outros Países
Economia	Participação de Empresas Estrangeiras no Brasil
Política	Desenvolvimento de Arma Nuclear
C&T	Aprimoramento da Infraestrutura de P&D
Economia	Criação de um Ambiente Favorável à Inovação
Economia	Implantação de Mecanismos de Financiamento
Social	Interesse da Sociedade nos Assuntos de Defesa
Política	Integração das Iniciativas de CT&I de Interesse da Defesa
Social	Estabelecimento de Política para a Valorização de Recursos Humanos
Política	Implantação de Sistemática de Planejamento Estratégico
Política	Orçamento da Defesa
Social	Participação das Forças Armadas em Operações Policiais
C&T	Criação de um Parque Tecnológico de Defesa

Para quantificar as visões de cada tema, foram definidas as seguintes variáveis:

1) variável 1: probabilidade;

2) variável 2: impacto;

3) variável 3: prazo; e

4) variável 4: relevância.

As variáveis foram aplicadas a cada visão de futuro, dentro de cada tema. A variável 1 refere-se à probabilidade de que a visão de futuro venha a ocorrer, em 2030. A variável 2 refere-se ao impacto que a visão de futuro poderá causar para a indústria de defesa, caso ocorra em 2030. A variável 3 refere-se ao prazo estimado para a ocorrência da visão de futuro. Por fim, a variável 4 refere-se à relevância do tema em questão. A fim de valorizar a opinião dos respondentes que conhecem mais do assunto, foi atribuído um peso para cada nível de conhecimento, da seguinte forma:

- perito: peso 16;
- autodidata: peso 8;
- procura se informar: peso 4;
- conhece pouco: peso 2; e
- desconhece completamente: peso 1.

Foi calculada então, a média ponderada das opiniões dos respondentes. Assim, para cada variável, foi aplicada a seguinte fórmula de cálculo dos valores:

V = (perito x 16 + autodidata x 8 + informado x 4 + conhece pouco x 2 + desconhece)/31

A variável 1, probabilidade de ocorrência da visão de futuro em 2030, foi avaliada de acordo com a seguinte escala:

- muito provável de ocorrer: valor = 83%;

- provável de ocorrer: valor = 67%;

- chance iguais de ocorrer e não ocorrer: valor = 50%;

- pouco provável de ocorrer: valor = 33%; e

- muito pouco provável de ocorrer: valor = 17%.

Não foram consideradas as certezas absolutas de ocorrência (L = 100%) e de não ocorrência (L = 0%), pelo fato de que não se considera verossímil a certeza absoluta sobre eventos futuros. A Tabela 9 apresenta a média ponderada das probabilidades obtidas para cada visão de futuro.

Tabela 9: probabilidades iniciais das visões (%)

	Visão 1	Visão 2	Visão 3
Tema 1	36,3	55,3	51,0
Tema 2	53,9	55,1	39,2
Tema 3	46,9	54,9	50,4
Tema 4	37,7	49,1	51,8
Tema 5	50,0	52,5	50,3
Tema 6	50,7	51,8	55,8
Tema 7	64,4	59,3	38,0
Tema 8	50,1	59,7	47,3
Tema 9	46,7	62,0	52,9
Tema 10	36,4	64,5	39,5
Tema 11	46,1	54,5	31,8
Tema 12	49,8	58,3	45,0
Tema 13	47,2	57,5	48,7
Tema 14	41,2	52,4	52,0
Tema 15	50,2	58,4	49,3
Tema 16	46,4	57,1	54,7
Tema 17	52,8	59,9	43,1
Tema 18	44,4	58,5	45,7
Tema 19	59,7	57,2	40,7
Tema 20	50,4	55,5	45,6

No entanto, verificou-se que, para cada tema (ou variável) a soma das probabilidades iniciais estimadas estava resultando maior do que 100%, o que não

deveria acontecer, dado o pressuposto de que para cada tema somente poderia ocorrer um dos três cenários imaginados. Assim, decidiu-se ajustar os valores das probabilidades de tal forma que o somatório, por tema, resultasse exatamente 100%. Esse reajuste foi possível porque, na prática, a metodologia desenvolvida precisa apenas comparar as probabilidades relativas das visões dentro de cada tema, e não entre temas diferentes. Assim, o ajuste das probabilidades não alterou o resultado desejado para a análise de cenários, mas tornou os valores mais consistentes.

$$L'_i = (L_i \times 100)/(P_1+P_2+P_3), \text{ onde } i= 1, 2, 3.$$

Com isso, chegou-se às probabilidades ajustadas, cuja soma é igual a 100%, conforme apresentado na Tabela 10.

Tabela 10: probabilidades ajustadas (%)

	Visão 1	Visão 2	Visão 3
Tema 1	25,5	38,8	35,8
Tema 2	36,4	37,2	26,4
Tema 3	30,8	36,1	33,1
Tema 4	27,2	35,4	37,4
Tema 5	32,7	34,4	32,9
Tema 6	32,0	32,7	35,2
Tema 7	39,8	36,7	23,5
Tema 8	31,9	38,0	30,1
Tema 9	28,9	38,4	32,7
Tema 10	25,9	45,9	28,1
Tema 11	34,8	41,2	24,0
Tema 12	32,5	38,1	29,4
Tema 13	30,8	37,5	31,7
Tema 14	28,3	36,0	35,7
Tema 15	31,8	37,0	31,2
Tema 16	29,3	36,1	34,6
Tema 17	33,9	38,4	27,7
Tema 18	29,9	39,4	30,8
Tema 19	37,9	36,3	25,8
Tema 20	33,3	36,6	30,1

A variável 2, impacto que a visão de futuro causará na indústria de defesa, caso ocorra até 2030, foi avaliada dentro da seguinte escala:

- impacto muito positivo: valor = +2;
- impacto positivo: valor = +1;
- impacto neutro: valor = 0;
- impacto negativo: valor = -1; e
- impacto muito negativo: valor = -2.

A Tabela 11 apresenta a média ponderada dos impactos estimados para as visões de futuro de cada tema.

Tabela 11: impactos das visões de futuro

	Visão 1	Visão 2	Visão 3
Tema 1	1,7	0,5	-1,4
Tema 2	1,8	0,0	-1,6
Tema 3	1,8	0,8	-1,5
Tema 4	0,9	0,3	-0,1
Tema 5	1,8	0,4	-0,5
Tema 6	1,9	0,0	-0,6
Tema 7	1,3	0,4	-1,0
Tema 8	1,6	0,7	-1,0
Tema 9	1,7	0,2	-1,0
Tema 10	1,0	0,9	-1,2
Tema 11	1,8	0,7	-1,4
Tema 12	1,8	0,7	-1,4
Tema 13	1,9	0,7	-1,3
Tema 14	1,6	0,6	-1,3
Tema 15	1,8	0,7	-1,1
Tema 16	1,7	0,6	-1,4
Tema 17	1,6	0,5	-1,4
Tema 18	1,8	0,0	-1,7
Tema 19	0,4	0,1	-0,3
Tema 20	1,8	0,2	-1,4

A variável 3, prazo estimado de ocorrência da visão de futuro, foi avaliada dentro da seguinte escala:

- curto prazo (até 2015): valor = 2015;
- médio prazo (de 2016 a 2022): valor = 2022;
- longo prazo (de 2023 a 2030): valor = 2030; e
- além de 2030: valor = 2055.

É importante ressaltar a diferença entre a variável probabilidade e a variável prazo. Assim, por exemplo, um perito poderá estimar que a probabilidade de ocorrência de uma certa visão de futuro em 2030 é de 20%, mas que o prazo mais provável de ocorrência dessa visão de futuro é 2022. A Tabela 12 apresenta os prazos estimados de ocorrência das visões de futuro de cada tema.

Tabela 12: prazo estimado de ocorrência das visões de futuro

	Visão 1	Visão 2	Visão 3
Tema 1	2050	2028	2020
Tema 2	2041	2024	2019
Tema 3	2042	2026	2017
Tema 4	2042	2028	2023
Tema 5	2039	2023	2021
Tema 6	2039	2024	2024
Tema 7	2027	2020	2033
Tema 8	2036	2023	2024
Tema 9	2042	2024	2021
Tema 10	2046	2025	2021
Tema 11	2043	2025	2017
Tema 12	2040	2023	2020
Tema 13	2037	2023	2020
Tema 14	2042	2025	2020
Tema 15	2038	2024	2019
Tema 16	2039	2025	2020
Tema 17	2036	2024	2020
Tema 18	2034	2021	2028
Tema 19	2026	2021	2034
Tema 20	2040	2024	2021

A variável 4, relevância do tema para a indústria de defesa, foi avaliada dentro da seguinte escala:

- extremamente relevante: valor = 5;
- muito relevante: valor = 4;
- relevante: valor = 3;
- pouco relevante: valor = 2; e
- irrelevante: valor = 1.

A Tabela 13 apresenta os valores da relevância de cada tema para a industria de defesa.

Tabela 13: relevância dos temas

	Relevância do tema
Tema 1	4,6
Tema 2	4,6
Tema 3	4,3
Tema 4	4,0
Tema 5	4,2
Tema 6	4,6
Tema 7	3,7
Tema 8	4,1
Tema 9	4,1
Tema 10	3,9
Tema 11	4,5
Tema 12	4,3
Tema 13	4,4
Tema 14	4,0
Tema 15	4,2
Tema 16	4,3
Tema 17	4,1
Tema 18	3,2
Tema 19	4,6
Tema 20	4,1

Os valores das variáveis probabilidade (L), impacto (I) e prazo (E) foram obtidos diretamente da pesquisa de campo. De posse desses valores, foi possível calcular os valores de outras duas variáveis:

- risco da visão de futuro (R); e
- prioridade da visão de futuro (P).

O risco foi quantificado usando-se a definição de risco como sendo o produto da probabilidade pelo impacto (R = L x I), de acordo com a Norma ISO/IEC Guide 73 (ISO, 2002) e a Norma de Gestão de Riscos do Reino Unido (FERMA, 2003). O raciocínio subjacente a essa fórmula de quantificação do risco é o seguinte: se um evento tem um impacto muito negativo, mas sua probabilidade de ocorrência é muito pequena, então o risco desse evento é pequeno.

Tome-se como exemplo o choque de um asteróide de grande tamanho na Terra. O impacto seria devastador para a humanidade, mas a probabilidade de ocorrer esse evento é mínima. Dessa forma, a baixa probabilidade “compensa” o elevado impacto do evento. Logo, o risco é pequeno.

Por outro lado, eventos com uma grande probabilidade de ocorrência, mas cujo impacto é muito pequeno, também devem ser avaliados como de baixo risco. Por exemplo, há uma grande probabilidade de haver um período de seca na região de Brasília ano que vem, mas o impacto desse evento é pequeno. Nesse caso, o baixo impacto “compensa” a alta probabilidade de ocorrência. Logo, o risco é pequeno.

Dessa forma, a multiplicação do valor do impacto pelo valor da probabilidade resulta em um valor que reflete melhor o risco de um evento. Como os valores da probabilidade variam de 0 a 100 e os valores do impacto variam de -2 a +2, os valores obtidos para o risco variaram de -200 a +200.

A fim de tornar mais fácil a compreensão do risco de cada visão de futuro, optou-se por normalizar esse resultado na escala de 0 a 10, usando-se a seguinte fórmula de normalização:

$$R = \{[(L \times I) \times (-1)] + 200\}/40$$

Dessa forma, o risco varia de 0 (risco mínimo, quando L = 100 e I = +2) a 10 (risco máximo, quando L = 100 e I = -2). A Tabela 14 apresenta o risco das visões de futuro de cada tema.

Tabela 14: risco das visões de futuro

	Visão 1	Visão 2	Visão 3
Tema 1	3,4	4,3	3,2
Tema 2	2,5	5,0	6,6
Tema 3	2,9	4,0	6,9
Tema 4	4,2	4,6	5,2
Tema 5	2,7	4,5	5,7
Tema 6	2,6	5,0	5,8
Tema 7	2,9	4,5	5,9
Tema 8	3,0	4,0	6,2
Tema 9	3,0	4,7	6,3
Tema 10	4,1	3,6	6,2
Tema 11	3,0	4,1	6,1
Tema 12	2,7	4,0	6,5
Tema 13	2,8	3,9	6,6
Tema 14	3,3	4,2	6,6
Tema 15	2,7	4,0	6,4
Tema 16	3,0	4,2	6,9
Tema 17	2,8	4,2	6,5
Tema 18	3,0	5,0	6,9
Tema 19	4,5	4,8	5,3
Tema 20	2,8	4,7	6,6

A prioridade foi calculada com base no método de Análise de Gravidade (G), Urgência (U) e Tendência (T), denominada Análise GUT. Segundo Meireles (2001),

a Análise GUT é uma tradicional ferramenta para estimativa de prioridades de fatos ou eventos. A ideia é que, para qualquer fato ou evento, é possível estimar sua gravidade, sua urgência e sua tendência. Quantificando-se essas estimativas e multiplicando-se os valores de G, U e T, obtém-se um valor que pode ser usado para quantificar a prioridade do fato/evento, de forma mais objetiva.

Para tanto, relacionou-se gravidade ao impacto, urgência foi relacionada aos prazos, e tendência foi relacionada à probabilidade de ocorrência, da seguinte forma:

- gravidade: quanto mais negativo o impacto, maior a gravidade;
- urgência: quanto mais curto o prazo estimado para ocorrer, maior a urgência; e
- tendência: quanto maior a probabilidade de ocorrer, maior a tendência (o raciocínio é de que, se um evento é mais provável de ocorrer, a tendência de que esse evento ocorra é maior, caso nenhuma ação seja tomada para impedir sua ocorrência).

Os valores normalmente usados para quantificar gravidade, urgência e tendência variam de 1 a 5. Sendo assim, julgou-se adequado aplicar fórmulas de normalização aos valores obtidos dos impactos, prazos estimados e probabilidades, a fim de converter seus valores para a escala de 1 a 5. Deve-se ressaltar que pode ser empregada qualquer outra escala, e que essa escala de 1 a 5 foi utilizada neste trabalho por uma questão de decisão de projeto metodológico. Os valores da gravidade das visões de futuro foram obtidos a partir da normalização dos valores dos impactos, com a seguinte fórmula:

$$G = (I - 3) \times (-1)$$

Dessa forma, para valores de I variando de -2 a +2, os valores da variável gravidade variam de 5 a 1, de forma que, quanto mais negativo o valor da variável

impacto, maior o valor da variável gravidade. Os valores da variável gravidade são mostrados na Tabela 15.

Tabela 15: gravidade das visões de futuro

	Visão 1	Visão 2	Visão 3
Tema 1	1,3	2,5	4,4
Tema 2	1,2	3,0	4,6
Tema 3	1,2	2,3	4,5
Tema 4	2,1	2,7	3,1
Tema 5	1,2	2,6	3,5
Tema 6	1,1	3,0	3,6
Tema 7	1,7	2,6	4,0
Tema 8	1,4	2,3	4,0
Tema 9	1,3	2,8	4,0
Tema 10	2,0	2,1	4,2
Tema 11	1,2	2,3	4,4
Tema 12	1,2	2,3	4,4
Tema 13	1,1	2,3	4,3
Tema 14	1,4	2,4	4,3
Tema 15	1,2	2,3	4,1
Tema 16	1,3	2,4	4,4
Tema 17	1,4	2,5	4,4
Tema 18	1,2	3,0	4,7
Tema 19	2,6	2,9	3,3
Tema 20	1,2	2,8	4,4

Os valores da urgência foram obtidos a partir dos valores dos prazos estimados, com a seguinte fórmula de normalização:

$$U = \{[(E - 2015) / 10] \times (-1)\} + 5$$

Com isso, para valores de prazo variando de 2015 a 2055, os valores da variável urgência variam de 5 a 1. Ou seja, quanto mais curto o prazo estimado, maior o valor da variável urgência. Os valores da variável urgência são mostrados na Tabela 16.

Tabela 16: urgência das visões de futuro

	Visão 1	Visão 2	Visão 3
Tema 1	1,5	3,7	4,5
Tema 2	2,4	4,1	4,6
Tema 3	2,3	3,9	4,8
Tema 4	2,3	3,7	4,2
Tema 5	2,6	4,2	4,4
Tema 6	2,6	4,1	4,1
Tema 7	3,8	4,5	3,2
Tema 8	2,9	4,2	4,1
Tema 9	2,3	4,1	4,4
Tema 10	1,9	4	4,4
Tema 11	2,2	4	4,8
Tema 12	2,5	4,2	4,5
Tema 13	2,8	4,2	4,5
Tema 14	2,3	4	4,5
Tema 15	2,7	4,1	4,6
Tema 16	2,6	4	4,5
Tema 17	2,9	4,1	4,5
Tema 18	3,1	4,4	3,7
Tema 19	3,9	4,4	3,1
Tema 20	2,5	4,1	4,4

Os valores da tendência foram obtidos a partir dos valores das probabilidades, com a seguinte fórmula de normalização:

$$T = (L/25) + 1$$

Assim, para valores de probabilidade variando de 0 a 100, os valores da variável tendência variam de 1 a 5. Dessa forma, quanto maior o valor da variável probabilidade, maior o valor da variável tendência. Os valores da variável tendência, para cada visão de futuro, são mostrados na Tabela 17.

Tabela 17: tendência das visões de futuro

	Visão 1	Visão 2	Visão 3
Tema 1	2,0	2,6	2,4
Tema 2	2,5	2,5	2,1
Tema 3	2,2	2,4	2,3
Tema 4	2,1	2,4	2,5
Tema 5	2,3	2,4	2,3
Tema 6	2,3	2,3	2,4
Tema 7	2,6	2,5	1,9
Tema 8	2,3	2,5	2,2
Tema 9	2,2	2,5	2,3
Tema 10	2,0	2,8	2,1
Tema 11	2,4	2,6	2,0
Tema 12	2,3	2,5	2,2
Tema 13	2,2	2,5	2,3
Tema 14	2,1	2,4	2,4
Tema 15	2,3	2,5	2,2
Tema 16	2,2	2,4	2,4
Tema 17	2,4	2,5	2,1
Tema 18	2,2	2,6	2,2
Tema 19	2,5	2,5	2,0
Tema 20	2,3	2,5	2,2

Finalmente, multiplicando-se os valores das três variáveis G, U e T, obtém-se os valores das prioridades dos cenários, segundo a técnica de Análise GUT, com a fórmula simples:

$$P = G \times U \times T$$

Assim, os valores da variável prioridade variam de 1 (para G = 1, U = 1 e T = 1) até 125 (para G = 5, U = 5 e T = 5). Valores mais altos indicam uma maior prioridade da visão de futuro. A Tabela 18 apresenta os valores da variável prioridade.

Tabela 18: prioridade das visões de futuro

	Visão 1	Visão 2	Visão 3
Tema 1	3,9	23,6	48,2
Tema 2	7,1	30,6	43,5
Tema 3	6,2	21,0	50,2
Tema 4	10,1	24,1	32,5
Tema 5	7,2	25,9	35,7
Tema 6	6,5	28,4	35,5
Tema 7	16,7	28,9	24,8
Tema 8	9,2	24,3	36,1
Tema 9	6,4	29,1	40,6
Tema 10	7,7	23,8	39,3
Tema 11	6,3	24,4	41,4
Tema 12	6,9	24,4	43,1
Tema 13	6,9	24,2	43,9
Tema 14	6,9	23,4	47,0
Tema 15	7,4	23,4	42,4
Tema 16	7,3	23,5	47,2
Tema 17	9,6	26,0	41,7
Tema 18	8,2	34,0	38,8
Tema 19	25,5	31,3	20,8
Tema 20	7,0	28,3	42,7

Com isso, a pesquisa de campo possibilitou a obtenção dos valores de cinco variáveis importantes para cada uma das três visões de futuro de cada um dos vinte temas, perfazendo um total de 3x20x5 = 300 valores de variáveis. O próximo passo lógico seria organizar todas essas variáveis a fim de que fosse possível realizar análises para extrair conclusões úteis para a tomada de decisão. Optou-se por empregar o método de Análise Morfológica, especialmente baseado no trabalho de Michel Godet. No entanto, como será visto aseguir, o método de Godet não satisfazia inteiramente a necessidade de análise de todas as variáveis. Dessa forma, desenvolveu-se uma ferramenta que possibilitasse essa análise de forma mais adequada. É o que será apresentado a seguir.

6.6 Matriz de Análise de Cenários (MAC)

De posse dos valores de todas as variáveis, foi possível então passar para a fase mais importante, ou seja, a análise dos cenários. Para analisar os cenários obtidos, optou-se pela técnica da Análise Morfológica, conforme empregada por Michel Godet. No entanto, Godet utiliza apenas a informação de uma única variável, probabilidade (L) (GODET, 2008). Como a pesquisa de campo possibilitou obter outras informações (I, E, R e P), foi possível aperfeiçoar o método de Godet.

Para tanto, foi desenvolvida, como um subproduto da tese, uma ferramenta denominada Matriz de Análise de Cenários (MAC). A ferramenta MAC é construída da seguinte forma:

- nas linhas, são colocados os temas, sem limite de número de temas;

- nas colunas, são colocadas as visões, sem limite de número de visões por tema, sendo que não há necessidade de um número fixo de visões para cada tema. Ou seja, um tema pode ter 3 visões, outro 2 visões, outro 4 visões, etc;

- finalmente, para cada visão, são lançados os valores das variáveis P, E, R, I e L. O Quadro 31 apresenta uma ferramenta MAC MxN, genérica.

Quadro 31: Matriz de Análise de Cenários

		Visões de Futuro			
		Visão 1	Visão 2	(...)	Visão N
Temas	Tema 1	T_1V_1 (P, E, R, I, L)	T_1V_2 (P, E, R, I, L)		T_1V_N (P, E, R, I, L)
	Tema 2	T_2V_1 (P, E, R, I, L)	T_2V_2 (P, E, R, I, L)		T_2V_N (P, E, R, I, L)
	(...)				
	Tema M	T_MV_1 (P, E, R, I, L)	T_MV_2 (P, E, R, I, L)		T_MV_N (P, E, R, I, L)

P = Prioridade, E = Estimativa de Prazo, R = Risco, I = Impacto, L = Probabilidade

Com a ferramenta MAC é possível analisar um total de N^M cenários. Na presente tese, a ferramenta MAC fornece um total de 3^{20} = 3.486.784.401 possíveis futuros. A tabela 19 apresenta a ferramenta MAC resultante da presente pesquisa, após as rodadas Delphi.

Tabela 19: ferramenta MAC para análise dos cenários da indústria de defesa

	Visão 1					Visão 2					Visão 3				
	P	**E**	**R**	**I**	**L**	**P**	**E**	**R**	**I**	**L**	**P**	**E**	**R**	**I**	**L**
Tema 1	3,9	2050	3,4	1,7	25,5	23,6	2028	4,3	0,5	38,8	48,2	2020	3,2	-1,4	35,8
Tema 2	7,1	2041	2,5	1,8	36,4	30,6	2024	5	0	37,2	43,5	2019	6,6	-1,6	26,4
Tema 3	6,2	2042	2,9	1,8	30,8	21,0	2026	4	0,8	36,1	50,2	2017	6,9	-1,5	33,1
Tema 4	10,1	2042	4,2	0,9	27,2	24,1	2028	4,6	0,3	35,4	32,5	2023	5,2	-0,1	37,4
Tema 5	7,2	2039	2,7	1,8	32,7	25,9	2023	4,5	0,4	34,4	35,7	2021	5,7	-0,5	32,9
Tema 6	6,5	2039	2,6	1,9	32	28,4	2024	5	0	32,7	35,5	2024	5,8	-0,6	35,2
Tema 7	16,7	2027	2,9	1,3	39,8	28,9	2020	4,5	0,4	36,7	24,8	2033	5,9	-1	23,5
Tema 8	9,2	2036	3	1,6	31,9	24,3	2023	4	0,7	38	36,1	2024	6,2	-1	30,1
Tema 9	6,4	2042	3	1,7	28,9	29,1	2024	4,7	0,2	38,4	40,6	2021	6,3	-1	32,7
Tema 10	7,7	2046	4,1	1	25,9	23,8	2025	3,6	0,9	45,9	39,3	2021	6,2	-1,2	28,1
Tema 11	6,3	2043	3	1,8	34,8	24,4	2025	4,1	0,7	41,2	41,4	2017	6,1	-1,4	24
Tema 12	6,9	2040	2,7	1,8	32,5	24,4	2023	4	0,7	38,1	43,1	2020	6,5	-1,4	29,4
Tema 13	6,9	2037	2,8	1,9	30,8	24,2	2023	3,9	0,7	37,5	43,9	2020	6,6	-1,3	31,7
Tema 14	6,9	2042	3,3	1,6	28,3	23,4	2025	4,2	0,6	36	47,0	2020	6,6	-1,3	35,7
Tema 15	7,4	2038	2,7	1,8	31,8	23,4	2024	4	0,7	37	42,4	2019	6,4	-1,1	31,2
Tema 16	7,3	2039	3	1,7	29,3	23,5	2025	4,2	0,6	36,1	47,2	2020	6,9	-1,4	34,6
Tema 17	9,6	2036	2,8	1,6	33,9	26,0	2024	4,2	0,5	38,4	41,7	2020	6,5	-1,4	27,7
Tema 18	8,2	2034	3	1,8	29,9	34,0	2021	5	0	39,4	38,8	2028	6,9	-1,7	30,8
Tema 19	25,5	2026	4,5	0,4	37,9	31,3	2021	4,8	0,1	36,3	20,8	2034	5,3	-0,3	25,8
Tema 20	7,0	2040	2,8	1,8	33,3	28,3	2024	4,7	0,2	36,6	42,7	2021	6,6	-1,4	30,1

De posse da ferramenta MAC, diversas análises podem ser feitas. Por exemplo, os analistas podem estar interessados nos cenários mais prováveis, nos cenários de maior impacto negativo, nos cenários de maior risco, nos cenários de prazo mais curto, podem ainda descartar alguns temas menos relevantes para simplificar a análise, dentre outras análises.

A metodologia proposta permite que os cenários escolhidos sejam elaborados de forma muito fácil, bastando reunir o conjunto de visões selecionadas (Vj) de cada

tema (Ti), resultando em um conjunto TiVj que compõe o cenário. Por exemplo: o cenário mais provável, C1 é composto pelo conjunto de visões de cada tema com maior valor de L. Assim, o cenário mais provável é composto pelo seguinte conjunto de visões de futuro: $C_1 = \{T_1V_2, T_2V_2, T_3V_2, T_4V_3, T_5V_2, T_6V_3, T_7V_1, T_8V_2, T_9V_2, T_{10}V_2, T_{11}V_2, T_{12}V_2, T_{13}V_2, T_{14}V_2, T_{15}V_2, T_{16}V_2, T_{17}V_2, T_{18}V_2, T_{19}V_1, T_{20}V_2\}$. A Tabela 20 apresenta a seleção das visões de futuro do cenário mais provável.

Tabela 20: seleção do cenário mais provável da MAC

	Visão 1					Visão 2					Visão 3				
	P	**E**	**R**	**I**	**L**	**P**	**E**	**R**	**I**	**L**	**P**	**E**	**R**	**I**	**L**
Tema 1	3,9	2050	3,4	1,7	25,5	23,6	2028	4,3	0,5	38,8	48,2	2020	3,2	-1,4	35,8
Tema 2	7,1	2041	2,5	1,8	36,4	30,6	2024	5	0	37,2	43,5	2019	6,6	-1,6	26,4
Tema 3	6,2	2042	2,9	1,8	30,8	21,0	2026	4	0,8	36,1	50,2	2017	6,9	-1,5	33,1
Tema 4	10,1	2042	4,2	0,9	27,2	24,1	2028	4,6	0,3	35,4	32,5	2023	5,2	-0,1	37,4
Tema 5	7,2	2039	2,7	1,8	32,7	25,9	2023	4,5	0,4	34,4	35,7	2021	5,7	-0,5	32,9
Tema 6	6,5	2039	2,6	1,9	32	28,4	2024	5	0	32,7	35,5	2024	5,8	-0,6	35,2
Tema 7	16,7	2027	2,9	1,3	39,8	28,9	2020	4,5	0,4	36,7	24,8	2033	5,9	-1	23,5
Tema 8	9,2	2036	3	1,6	31,9	24,3	2023	4	0,7	38	36,1	2024	6,2	-1	30,1
Tema 9	6,4	2042	3	1,7	28,9	29,1	2024	4,7	0,2	38,4	40,6	2021	6,3	-1	32,7
Tema 10	7,7	2046	4,1	1	25,9	23,8	2025	3,6	0,9	45,9	39,3	2021	6,2	-1,2	28,1
Tema 11	6,3	2043	3	1,8	34,8	24,4	2025	4,1	0,7	41,2	41,4	2017	6,1	-1,4	24
Tema 12	6,9	2040	2,7	1,8	32,5	24,4	2023	4	0,7	38,1	43,1	2020	6,5	-1,4	29,4
Tema 13	6,9	2037	2,8	1,9	30,8	24,2	2023	3,9	0,7	37,5	43,9	2020	6,6	-1,3	31,7
Tema 14	6,9	2042	3,3	1,6	28,3	23,4	2025	4,2	0,6	36	47,0	2020	6,6	-1,3	35,7
Tema 15	7,4	2038	2,7	1,8	31,8	23,4	2024	4	0,7	37	42,4	2019	6,4	-1,1	31,2
Tema 16	7,3	2039	3	1,7	29,3	23,5	2025	4,2	0,6	36,1	47,2	2020	6,9	-1,4	34,6
Tema 17	9,6	2036	2,8	1,6	33,9	26,0	2024	4,2	0,5	38,4	41,7	2020	6,5	-1,4	27,7
Tema 18	8,2	2034	3	1,8	29,9	34,0	2021	5	0	39,4	38,8	2028	6,9	-1,7	30,8
Tema 19	25,5	2026	4,5	0,4	37,9	31,3	2021	4,8	0,1	36,3	20,8	2034	5,3	-0,3	25,8
Tema 20	7,0	2040	2,8	1,8	33,3	28,3	2024	4,7	0,2	36,6	42,7	2021	6,6	-1,4	30,1

A seleção do cenário mais provável, em termos das suas variáveis P, E, R, I, L está sintetizada na Tabela 21.

Tabela 21: cenário mais provável

	P	E	R	I	L
Tema 1	23,6	2028	4,3	0,5	38,8
Tema 2	30,6	2024	5	0	37,2
Tema 3	21,0	2026	4	0,8	36,1
Tema 4	32,5	2023	5,2	-0,1	37,4
Tema 5	25,9	2023	4,5	0,4	34,4
Tema 6	35,5	2024	5,8	-0,6	35,2
Tema 7	16,7	2027	2,9	1,3	39,8
Tema 8	24,3	2023	4	0,7	38
Tema 9	29,1	2024	4,7	0,2	38,4
Tema 10	23,8	2025	3,6	0,9	45,9
Tema 11	24,4	2025	4,1	0,7	41,2
Tema 12	24,4	2023	4	0,7	38,1
Tema 13	24,2	2023	3,9	0,7	37,5
Tema 14	23,4	2025	4,2	0,6	36
Tema 15	23,4	2024	4	0,7	37
Tema 16	23,5	2025	4,2	0,6	36,1
Tema 17	26,0	2024	4,2	0,5	38,4
Tema 18	34,0	2021	5	0	39,4
Tema 19	25,5	2026	4,5	0,4	37,9
Tema 20	28,3	2024	4,7	0,2	36,6

Assim, o cenário mais provável possui os seguintes valores globais:

- prioridade média: 26;

- estimativa média de prazo: 2024;

- risco médio: 4,34;

- impacto médio: 0,46; e

- probabilidade média: 37,9.

Esses valores globais dos cenários serão muito úteis para outras análises que podem ser feitas, conforme será apresentado na próxima seção.

6.7 Outras análises que podem ser extraídas da MAC

A ferramenta MAC permite ao analista realizar diversas análises interessantes, tais como a análise de ações estratégicas, análise de valor de cenário, análise de opções estratégicas e análise de priorização tecnológica. A seguir, serão apresentadas as aludidas análises.

6.7.1 Análise de ações estratégicas

Uma das vantagens da ferramenta MAC é que ela permite visualizar facilmente elementos comuns a cenários distintos. Por exemplo, o tema 4, visão 3 (elemento T_4V_3), está presente no cenário de maior prioridade, no cenário mais provável e no cenário de maior risco, simultaneamente. O mesmo ocorre para o tema 6, visão 3 (elemento T_6V_3). Em conseqüência, o analista poderia sugerir alguma ação ou estratégia específica para lidar com esses possíveis futuros.

No caso, o Tema 6, Visão 3 é: "as Forças Armadas priorizam a capacitação de recursos humanos em áreas vinculadas a programas e projetos de interesse da Defesa Nacional. Porém, não ocorre o intercâmbio científico-tecnológico das instituições militares de P&D com instituições no Brasil e no exterior, o que impossibilita o acesso do País às tecnologias de interesse da Defesa Nacional." Logo, uma possível estratégia a ser sugerida seria: "incremento do intercâmbio científico-tecnológico das instituições militares de P&D com instituições congêneres no Brasil e no exterior", o que levaria às seguintes possíveis ações estratégicas:

- celebrar convênios para P&D conjunta entre os institutos militares de ensino e pesquisa e universidades no Brasil e no Exterior; e

- criar escritórios dos órgãos de P&D militares nacionais nas universidades e centros de pesquisa no Brasil e no exterior, e vice-versa.

6.7.2 Análise de valor de cenário

O analista prospectivo pode estar interessado em saber o seguinte: o cenário mais provável é um bom cenário? Para isso, ele pode definir, por exemplo, que o melhor cenário é o de maior valor positivo de impacto e o pior cenário é o de maior valor negativo de impacto.

Separando-se, na MAC, as visões de futuro com maior valor positivo da variável I, verifica-se que o melhor cenário é aquele composto pela visão 1 de cada um dos 20 temas. Ou seja, o melhor cenário é o cenário $C_2 = \{T_1V_1, T_2V_1, T_3V_1, T_4V_1, T_5V_1, T_6V_1, T_7V_1, T_8V_1, T_9V_1, T_{10}V_1, T_{11}V_1, T_{12}V_1, T_{13}V_1, T_{14}V_1, T_{15}V_1, T_{16}V_1, T_{17}V_1, T_{18}V_1, T_{19}V_1, T_{20}V_1\}$. Verifica-se, ainda, que o valor médio do impacto das visões de futuro do cenário C_2 é 1,585.

Da mesma forma, separando-se da MAC as visões de futuro, de cada tema, com valor mais negativo da variável I, têm-se que o pior cenário seria, então, o cenário $C_3 = \{T_1V_3, T_2V_3, T_3V_3, T_4V_3, T_5V_3, T_6V_3, T_7V_3, T_8V_3, T_9V_3, T_{10}V_3, T_{11}V_3, T_{12}V_3, T_{13}V_3, T_{14}V_3, T_{15}V_3, T_{16}V_3, T_{17}V_3, T_{18}V_3, T_{19}V_3, T_{20}V_3\}$. O valor médio das visões de futuro do cenário C_3 é -1,13.

O cenário C_1 (mais provável) possui como valor médio de impacto das suas visões de futuro o valor 0,46. Sabendo-se que a escala dos impactos varia de -2 a +2, tal escala poderia ter a seguinte interpretação:

- de -2 a -1,2: muito ruim;
- de -1,19 a -0,4: ruim;
- de -0,39 a +0,4: neutro;
- de +0,41 a +1,2: bom; e
- de +1,21 a +2: muito bom.

Assim, o cenário mais provável poderia ser considerado um bom cenário.

6.7.3 Análise de opções estratégicas

A metodologia francesa de análise prospectiva considera que a interseção do conjunto dos cenários desejáveis com o conjunto dos cenários prováveis contém o que eles denominam "opções estratégicas" (OE). A definição do que sejam cenários desejáveis e cenários prováveis é arbitrariamente feita pelo analista prospectivo. Por exemplo, poder-se-ia definir como cenários desejáveis aqueles que tivessem um impacto positivo para a indústria de defesa. De forma similar, poder-se-ia definir como cenários prováveis aqueles constituídos por visões com probabilidade acima de 33%. As opções estratégicas seriam então formadas pelas visões que atendessem simultaneamente a essas duas condições, conforme mostra a Tabela 22.

Tabela 22: cenários desejáveis e cenários prováveis

	Visão 1					Visão 2					Visão 3				
	P	E	R	I	L	P	E	R	I	L	P	E	R	I	L
Tema 1	3,9	2050	3,4	1,7	25,5	23,6	2028	4,3	0,5	38,8	48,2	2020	3,2	-1,4	35,8
Tema 2	7,1	2041	2,5	1,8	36,4	30,6	2024	5	0	37,2	43,5	2019	6,6	-1,6	26,4
Tema 3	6,2	2042	2,9	1,8	30,8	21,0	2026	4	0,8	36,1	50,2	2017	6,9	-1,5	33,1
Tema 4	10,1	2042	4,2	0,9	27,2	24,1	2028	4,6	0,3	35,4	32,5	2023	5,2	-0,1	37,4
Tema 5	7,2	2039	2,7	1,8	32,7	25,9	2023	4,5	0,4	34,4	35,7	2021	5,7	-0,5	32,9
Tema 6	6,5	2039	2,6	1,9	32	28,4	2024	5	0	32,7	35,5	2024	5,8	-0,6	35,2
Tema 7	16,7	2027	2,9	1,3	39,8	28,9	2020	4,5	0,4	36,7	24,8	2033	5,9	-1	23,5
Tema 8	9,2	2036	3	1,6	31,9	24,3	2023	4	0,7	38	36,1	2024	6,2	-1	30,1
Tema 9	6,4	2042	3	1,7	28,9	29,1	2024	4,7	0,2	38,4	40,6	2021	6,3	-1	32,7
Tema 10	7,7	2046	4,1	1	25,9	23,8	2025	3,6	0,9	45,9	39,3	2021	6,2	-1,2	28,1
Tema 11	6,3	2043	3	1,8	34,8	24,4	2025	4,1	0,7	41,2	41,4	2017	6,1	-1,4	24
Tema 12	6,9	2040	2,7	1,8	32,5	24,4	2023	4	0,7	38,1	43,1	2020	6,5	-1,4	29,4
Tema 13	6,9	2037	2,8	1,9	30,8	24,2	2023	3,9	0,7	37,5	43,9	2020	6,6	-1,3	31,7
Tema 14	6,9	2042	3,3	1,6	28,3	23,4	2025	4,2	0,6	36	47,0	2020	6,6	-1,3	35,7
Tema 15	7,4	2038	2,7	1,8	31,8	23,4	2024	4	0,7	37	42,4	2019	6,4	-1,1	31,2
Tema 16	7,3	2039	3	1,7	29,3	23,5	2025	4,2	0,6	36,1	47,2	2020	6,9	-1,4	34,6
Tema 17	9,6	2036	2,8	1,6	33,9	26,0	2024	4,2	0,5	38,4	41,7	2020	6,5	-1,4	27,7
Tema 18	8,2	2034	3	1,8	29,9	34,0	2021	5	0	39,4	38,8	2028	6,9	-1,7	30,8
Tema 19	25,5	2026	4,5	0,4	37,9	31,3	2021	4,8	0,1	36,3	20,8	2034	5,3	-0,3	25,8
Tema 20	7,0	2040	2,8	1,8	33,3	28,3	2024	4,7	0,2	36,6	42,7	2021	6,6	-1,4	30,1

Legenda: amarelo = desejáveis; vermelho = prováveis.

Dessa forma, o conjunto das opções estratégicas seria: OE = {T_1V_2, T_2V_1, T_3V_2, T_4V_2, T_5V_2, T_7V_1, T_7V_2, T_8V_2, T_9V_2, $T_{10}V_2$, $T_{11}V_1$, $T_{11}V_2$, $T_{12}V_2$, $T_{13}V_2$, $T_{14}V_2$, $T_{15}V_2$, $T_{16}V_2$, $T_{17}V_1$, $T_{17}V_2$, $T_{19}V_1$, $T_{19}V_2$, $T_{20}V_1$, $T_{20}V_2$}.

Deve-se notar que, nesse exemplo, os temas 6 e 18 não estariam dentro das opções estratégicas, enquanto que os temas 7, 11, 17, 19 e 20 teriam duas opções estratégicas cada.

No caso do tema 6, o analista poderia sugerir a opção pela Visão 1, por ter um valor de impacto bastante positivo (1,9) e uma probabilidade próxima de 33% (32%). O mesmo raciocínio vale para o tema 18, cuja visão 1 possui um valor de impacto de 1,8 e uma probablidade de 29,9.

No caso dos temas com duas ou mais opções estratégicas, o critério de desempate poderia ser, por exemplo, a visão de menor risco. Nesse caso, o tema 7 teria como OE as visões 1 e 2, sendo escolhida a visão 1, cujo risco é 2,9.

Para o tema 11, seria escolhida a visão 1, pois possui risco = 3. Para o tema 17, seria escolhida a visão 1, de valor de risco 2,8. Para o tema 19, seria escolhida a visão 1, cujo risco é 4,5. Para o tema 20, seria escolhida a visão 1, cujo risco é igual a 2,8.

Assim, a Opção Estratégica selecionada é o conjunto OE = { T_1V_2, T_2V_1, T_3V_2, T_4V_2, T_5V_2, T_6V_1, T_7V_1, T_8V_2, T_9V_2, $T_{10}V_2$, $T_{11}V_1$, $T_{12}V_2$, $T_{13}V_2$, $T_{14}V_2$, $T_{15}V_2$, $T_{16}V_2$, $T_{17}V_1$, $T_{19}V_1$, $T_{20}V_1$}.

6.7.4 Análise de priorização tecnológica

Uma outra possibilidade para o emprego da ferramenta MAC é na priorização de programas e projetos de P&D. Para isso, faz-se necessário utilizar uma segunda matriz, relacionando-se os possíveis candidatos a programas/projetos com os Temas, denominada Matriz Tema-Programa, ou Matriz Tema-Projeto (MTP), conforme mostrado no Quadro 32.

Quadro 32: Matriz Tema-Programa genérica

	Tema 1	Tema 2	Tema 3	Tema 4	...	Tema M
Programa/Projeto A						
Programa/Projeto B						
Programa/Projeto C						
...						
Programa/Projeto N						

Em seguida, faz-se necessário relacionar os temas aos programas, por meio de questões formuladas especificamente para esse fim. Por exemplo, o tema 1, “Desenvolvimento de Capacitações Tecnológicas Independentes”, poderia ser relacionado com o programa hipotético “Sistema de Consciência Situacional”, no sentido do nível de independência tecnológica aceitável, em 2030, para esse programa. Como sugestão, poderia ser feita a seguinte pergunta aos especialistas: “Qual o nível de independência tecnológica, que o Sr considera aceitável, que programa ‘Sistema de Consciência Situacional’ deverá alcançar até 2030?” As possíveis respostas poderiam ser dadas conforme o Quadro 33.

Quadro 33: nível de capacitação tecnológica

Nível de capacitação tecnológica esperada	pontuação
Quase total	5
Elevado	4
Médio	3
Baixo	2
Quase nenhum	1

Essa mesma questão seria feita para os demais programas, obtendo-se o nível de capacitaçao tecnológica esperada para cada um deles, em uma escala de 1 a 5, conforme a Tabela 23.

Tabela 23: valores do Tema 1 x programas de P&D

	Tema 1
Programa "Consciência Situacional"	3
Programa "Robótica"	2
Programa "DQBN"	2
Programa "Energia Dirigida"	1

De forma similar, o tema 2, "Integração da Pesquisa com a Produção", poderia ser relacionado com os programas com a seguinte questão: "Qual o nível de integração da P&D com o setor produtivo, que o(a) Sr(a) espera que o programa 'tal' deverá alcançar em 2030?". A avaliação dessa questão pelos especialistas poderia ser dada de acordo com o Quadro 34.

Quadro 34: grau de integração da P&D com a produção

Grau de integração da P&D com a produção	pontuação
Quase total	5
Elevado	4
Médio	3
Baixo	2
Quase nenhum	1

E assim por diante, seriam elaboradas perguntas para os demais temas, obtendo-se os valores para cada programa/projeto.

Para fins de simulação, suponha-se que, após análise e pesquisa de campo, foram obtidos os valores da matriz MTP conforme mostrado na Tabela 24 (para simplificar, serão considerados apenas os temas 1 a 5).

Tabela 24: exemplo de Matriz Tema-Programa

	Tema 1	Tema 2	Tema 3	Tema 4	Tema 5
Programa "Consciência Situacional"	3	4	1	3	3
Programa "Robótica"	2	3	3	2	3
Programa "DQBN"	2	2	2	5	4
Programa "Energia Dirigida"	1	5	1	1	2

Utilizando-se as variáveis dos cenários (P,E,R,I,L) obtidos da ferramenta MAC, pode-se utilizá-los como "parâmetros" para a ordenação dos programas/projetos em prioridade. Por exemplo, poder-se-ia utilizar os valores da variável P (prioridade) do cenário mais provável (extraídos da Tabela 21) e mostrados na Tabela 25 (da mesma forma, somente temas 1 a 5).

Tabela 25: prioridade dos Temas no cenário mais provável

	P
Tema 1	23,6
Tema 2	30,6
Tema 3	21
Tema 4	32,5
Tema 5	25,9

A matriz MTP é de ordem 4x5 e a matriz das prioridades dos temas é de ordem 5x1. Então, de acordo com a teoria matemática de matrizes,apresentada no apêndice D, é possível multiplicar-se as duas matrizes. Realizando-se a multiplicação, obtêm-se a Matriz de Pontuação de Programas (MPP), de ordem 4x1, mostrada na Tabela 26.

Tabela 26: Matriz de Pontuação de Programas

	pontuação
Programa "Consciência Situacional"	389,4
Programa "Robótica"	344,7
Programa "DQBN"	416,5
Programa "Energia Dirigida"	281,9

Ordenando-se os programas pelas pontuações, em ordem decrescente, chega-se às priorizações dos mesmos no cenário mais provável, conforme a Tabela 27.

Tabela 27: prioridade dos programas de pesquisa no cenário mais provável

	Pontuação	Prioridade
Programa "DQBN"	389,4	2
Programa "Consciência Situacional"	344,7	3
Programa "Robótica"	416,5	1
Programa "Energia Dirigida"	281,9	4

Realizando a mesma simulação para os cenários ideal, alto risco e prioritário (apresentados no apêndice B), chega-se aos resultados mostrados no quadro 35.

Quadro 35: prioridade dos programas em quatro cenários

	Cenário							
	Mais provável		**Ideal**		**Alto risco**		**Prioritário**	
	pontos	prio	pontos	prio	pontos	prio	pontos	prio
Programa "DQBN"	389,4	2	98,2	2	499,6	3	573,4	2
Programa "Consciência Situacional"	344,7	3	89,5	3	500,4	2	549,6	3
Programa "Robótica"	416,5	1	113,7	1	539,9	1	589,1	1
Programa "Energia Dirigida"	281,9	4	70,1	4	395,2	4	419,8	4

Na simulação realizada, verifica-se que, em qualquer um dos cenários de interesse, o programa "Robótica" é o de maior prioridade e o programa "Energia Dirigida" é o de menor prioridade. Os programas "DQBN" e "Consciência Situacional" possuem prioridades 2 e 3 em três cenários (mais provável, alto risco e prioritário) e trocam de prioridade no cenário ideal. Poderia também ser utilizado o algoritmo ELECTRE III , conforme proposto por BONACELLI (2002).

6.8 Descrição dos cenários obtidos da MAC

Após a seleção dos cenários com a ferramenta MAC, resta agora descrevê-los. Para isso basta reunir as visões de futuro selecionadas de cada tema. Uma versão resumida do cenário pode ser facilmente criada, usando-se os títulos de cada visão de futuro com algumas modificações textuais para dar um sentido mais claro à narração. Para uma versão detalhada do cenário, pode-se usar as próprias descrições das visões de futuro.

É interessante separar a descrição do cenário por campos do poder (político, econômico, social, militar, C&T) para facilitar a compreensão. Além disso, é importante destacar os aspectos que favorecem e que desfavorecem o setor, em cada campo. Esta técnica facilitará a compreensão do cenário, bem com a eleboração de políticas e estratégias para impulsionar o setor.

Por fim, é comum dar-se um título para o cenário, que seja significativo para identificá-lo. Considerando que, no exemplo em questão, o cenário mais provável pode ser considerado um bom cenário, um possível título poderia ser “O Bom é Inimigo do Ótimo”. Dessa forma têm-se o seguinte cenário mais provável para o setor de defesa brasileiro em 2030, em duas versões, em sua versão resumida (a versão detalhada encontra-se no apêndice B):

Cenário mais provável para o setor de defesa em 2030: “O Bom é Inimigo do Ótimo” (versão resumida)

Em 2030, no que diz respeito à C&T no setor de defesa, o Brasil permanece com uma dependência tecnológica fraca. O MD promove a execução de diversos programas mobilizadores, mas estes não são projetos verdadeiramente inovadores. Está implantada uma razoável infra-estrutura de P&D, incluindo a existência de um Parque Tecnológico de Defesa. Mas este, infelizmente, ainda é fraco.

No campo econômico, em 2030, a pesquisa científica e tecnológica encontra-se fracamente integrada à produção. Ocorre a instalação de várias empresas estrangeiras no Brasil, mas não ocorre a efetiva transferência de tecnologia para as firmas nacionais, permanecendo o domínio das tecnologias críticas nas mãos do estrangeiro. O ambiente no setor de defesa ainda é apenas parcialmente favorável à inovação. Os pontos positivos são o regime normativo bem organizado, inclusive em razão da Lei 12.598 (RETID) e a existência de razoáveis mecanismos de financiamento.

No campo militar, em 2030, não ocorre conflito nenhum na América do Sul, o que é benéfico para a região como um todo, embora o clima de paz reinante no subcontinente tenda a diminuir o interesse dos países vizinhos por produtos de defesa. Á pedido de organismos internacionais, como a ONU, o Brasil amplia sua participação em missões de paz e ainda fecha acordos de cooperação militar razoáveis com alguns países importantes, o que favorece o setor.

No campo social, em 2030, o setor de Defesa se beneficia de uma adequada capacitação de seus profissionais, mas o acesso às tecnologias de ponta ainda não foi obtido. No entanto, a sociedade brasileira demonstra um razoável interesse em assuntos de Defesa. Os recursos humanos no setor são razoavelmente valorizados. A sociedade se beneficia da forte participação das Forças Armadas em Operações Policiais, aumentando o grau de segurança pública.

No campo político, em 2030, o Brasil domina a tecnologia nuclear, mas não desenvolve arma nuclear, mantendo-se coerente com a sua vocação pacifista e com o que prescreve a Constituição Federal. O MD promove uma razoável integração das iniciativas de CT&I das três Forças Armadas, e implanta uma razoável sistemática de planejamento estratégico. A má notícia é que, há mais de 20 anos, os níveis orçamentários da Defesa se mantêm em cerca de 1,5% do PIB, permanecendo o Brasil atrás dos demais países emergentes.

6.9 Conclusão Parcial

Conclui-se parcialmente que a metodologia de análise prospectiva mais adequada para o setor de defesa é aquela que foi apresentada neste capítulo, abordando três eixos de análise: sistemas e materiais, tecnologias e indústria.

A ferramenta de análise de cenários denominada Matriz de Análise de Cenários, na verdade desenvolvida como um subproduto da tese, representa um avanço em relação ao método de análise de cenários proposto por Michel Godet, também utilizado por Valle para o setor de biotecnologia (Valle, 2005). Ambos baseiam-se no método de análise morfológica. A principal diferença é que Godet usa apenas a variável probabilidade para a definição dos cenários, enquanto que a ferramenta MAC usa as variáveis probabilidade, impacto, prazo, risco e prioridade, o que possibilita uma análise muito mais rica dos cenários. Assim, a ferramenta MAC abre um leque de possibilidades de análises de cenário que outros métodos não porporcionam.

Finalmente, resta fazer uma defesa do método de cenários quantificados, que foi escolhido para compor a metodologia de análise prospectiva. De fato, há uma corrente teórica que não quantifica cenários futuros, por entender que a estimativa de parâmetros futuros objetivos, tais como probabilidade, impacto, prazo, etc, estaria longe da realidade, o que poderia induzir a erro. Essa corrente teórica, particularmente forte na Escola de Manchester, considera que qualquer tentativa de “prever” o futuro pode conduzir a erro, dada a frequente mudança de cenários e o surgimento de fatos inesperados e impactantes que têm se verificado ao longo da história mundial, frequentemente derrubando todas as previsões realizadas. No entanto, esta pesquisa considera que, levando em conta que o futuro mudará de qualquer maneira, uma estimativa de parâmetros claros, ainda que imperfeita, é melhor do que nenhuma, para fins de análise de cenários e apoio à decisão baseada em dados concretos e objetivos, o que torna a análise de cenários menos subjetiva e dá mais confiança ao decisor.

7 CONCLUSÃO

Foi a primeira vez que este tipo de trabalho de pesquisa foi realizado no setor de defesa brasileiro. Tratou-se de um trabalho inédito, de fôlego e de grande envergadura, que teve a duração de aproximadamente 4 anos, de 2008 a 2012 e coletou a opinião de quase 2.000 (dois mil) respondentes, das mais diversas áreas da sociedade brasileira. Foi possível levantar os sistemas e materiais de emprego militar necessários para o EB 2030. Levantou-se, também, as tecnologias que deverão ser objeto de pesquisa, a fim de viabilizar aqueles sistemas e materiais. Finalmente, foram elaborados os cenários da indústria de defesa nacional em 2030, uma vez que caberá a essa indústria produzir aqueles sistemas e materiais. De posse desses cenários, será possível elaborar estratégias e linhas de ação para fomentar a Base Industrial de Defesa brasileira. A pesquisa, como um todo, caracterizou-se pelo desenvolvimento de uma metodologia, pois estudaram-se os métodos aos as quais ela própria (metodologia) recorreu, conforme a definição do termo.

Portanto, chega-se à seguinte conclusão sintética:

1) é possível antecipar os cenários do setor de defesa, empregando a metodologia de análise prospectiva delineada no desenvolvimento do trabalho, conforme ficou demonstrado; e

2) a metodologia de análise prospectiva desenvolvida nesta tese é a mais adequada para o setor de defesa brasileiro, pelas razões exposta a seguir.

Em termos metodológicos, o trabalho avançou com relação à metodologia de elaboração de cenários proposta por Michel Godet. A Análise Morfológica de Godet leva em consideração apenas as probabilidades estimadas para cada variável. A metodologia proposta neste trabalho incluiu, além das probabilidades, o impacto e o prazo. Isso possibilitou calcular o risco, a urgência, a gravidade, a tendência e a prioridade de cada estado das variáveis, o que possibilita uma análise muito mais rica dos cenários.

Verificou-se que a análise prospectiva deve ser entendida como antevisão de futuro, que a inovação é um conceito eminentemente econômico e que inovação é a exploração bem sucedida de uma nova idéia. Além disso, com relação à análise prospectiva,as organizações que forem mais eficientes em antecipar as inovações terão mais chance de sucesso; por meio da análise prospectiva se podem definir as tecnologias mais vantajosas para investimento em P&D; a análise prospectiva permite detectar o surgimento de novos concorrentes; a análise prospectiva possibilita prever a ocorrência de ciclos econômicos futuros; pode apoiar a tomada de decisão; favorece fortemente as rotinas de decisão estratégica; favorece a busca do conhecimento; reduz a incerteza sobre o futuro; e procura apontar a evolução dos acontecimentos, por meio da previsão tecnológica.

Foi demonstrado que, do ponto de vista filosófico, é perfeitamente possível se fazer ciência tendo em vista a potencial aplicação do conhecimento que se está buscando. De fato, ainda na Idade Média, Roger Bacon (1214-1292) sugeriu que a base factual do conhecimento poderia ser aumentada por meio da experimentação ativa. Francis Bacon já considerava que a ciência deveria ser feita tendo em vista sua aplicação prática. Da mesma forma, Donald Stokes demonstrou que se pode fazer ciência “inspirada” pelo uso.

Mostrou-se, por meio de exemplos históricos, que é possível fazer ciência de maneira orientada à possível aplicação do conhecimento. Isso ficou claro pelos diversos fatos apresentados nos quais a aplicação (tecnologia) precedeu o conhecimento científico: a demonstração do peso do ar atmosférico; a criação da termodinâmica; a descoberta da lei de conservação de energia; a criação da microbiologia; a descoberta das características da ionosfera; a criação da ciência dos cristais; a criação da ciência da metalurgia; o entendimento do craqueamento; a descoberta do efeito transistor; a criação da ciência da aerotermodinâmica; a criação da ciência da radioastronomia; a confirmação da teoria do big bang; a criação da teoria da informação; a confirmação da natureza dual dos elétrons; e a compreensão das características físico-químicas dos polímeros.

Demonstrou-se que a necessidade de defesa é uma das formas de se orientar a pesquisa científica. De fato, os exemplos fornecidos demonstraram essa afirmação: o papel proeminente da indústria de defesa do Reino Unido; a posição de destaque mundial da França na fabricação de produtos de defesa; a posição de Israel e da China como dois dos maiores fabricantes de produtos de defesa no mundo; o destaque da Alemanha no setor de defesa graças ao brilhantismo de seus cientistas e engenheiros; a liderança dos EUA como o maior produtor e exportador de produtos de defesa do mundo; e, finalmente, a África do Sul destaca-se dente as nações emergentes como um grande fabricante de produtos de defesa.

Verificou-se que o Estado tem um papel fundamental no apoio ao desenvolvimento científico e tecnológico, a partir de políticas e estratégias, por meio dos exemplos de Alemanha, Estados Unidos da América e Brasil, a saber: o esforço do Estado alemão, no sentido de se preparar e conduzir a guerra, o qual moldou a direção do avanço tecnológico na Alemanha entre 1933 e 1945; a fundação do NACA e da NASA pelo Estado norte-americano; o sucesso do projeto Manhattan; o relatório de Vannevar Bush; a criação da EMBRAPA; a criação do CENPES; o Programa Nacional do Álcool e o programa do Biodiesel; a criação da Embraer; o programa nuclear brasileiro; e o desenvolvimento das telecomunicações no Brasil.

Finalmente, mostrou-se que o modelo linear de inovação, consagrado por Vannevar Bush, não representa mais a realidade do processo de inovação. Em contraste, o modelo que prioriza o investimento em pesquisa, nas áreas de maior probabilidade de aplicação, parece atender melhor as necessidades atuais da sociedade. Os países da OCDE, com destaque para o Japão e a Coréia do Sul, já realizam a análise prospectiva como forma de definir as áreas que deverão ser priorizadas para a P&D.

A metodologia de pesquisa da presente tese envolveu as duas fases clássicas das pesquisas de pós-graduação, uma teórica e outra empírica. Foi ainda significativamente enriquecida por meio de participação em Universidade no exterior, no caso, a Universidade de Manchester, que é considerada, atualmente, um dos

centros de referência na pequisa em análise prospectiva. Além disso, a pesquisa de campo realizada contou com uma participação expressiva, de cerca de 2.000 (dois mil) respondentes, o que confere uma base de dados robusta para apoiar a pesquisa, com informações qualitativas e quantitativas. O método empregado para a coleta dos dados, baseado em ferramenta via web (Internet), mostrou-se extremamente adequado para os objetivos da pesquisa, tendo por pontos fortes: a facilidade de confecção das questões; a facilidade de acesso por parte dos respondentes; e a facilidade de análise dos dados.

Após o estudo das metodologias de análise prospectiva em defesa de seis países (Reino Unido, EUA, Holanda, França, Espanha e África do Sul), chegou-se às características mais comuns nesse tipo de trabalho: abordagem baseada em futuros alternatives; objetivo geral de visualizar o futuro e apoiar o planejamento estratégico; como objetivos específicos, pelo menos, identificar as tecnologias; domínio abrangente (político, econômico, militar, social, C&T, R&A); escala territorial global; horizonte temporal de 20 a 30 anos; patrocínio do governo; tema focado em equipamentos e tecnologias; participação de especialistas e sociedade em geral; objetivos metodológicos visando a compreensão comum sobre o futuro; técnicas básicas de pesquisa individual, painel de peritos e workshop; cenários como resultado; e informação estratégica e estratégias como produtos principais.

Acredita-se que tenha sido a primeira vez que este tipo de estudo específico foi realizado, qual seja, o estudo e comparação de metodologias de análise prospectiva para o setor de defesa. A principal dificuldade foi obter informações detalhadas sobre os processos, certamente porque a defesa é uma área sensível para os países estudados. Contudo, esse trabalho foi de fundamental importância para a compreensão das metodologias utilizadas, o que contribuiu sobremaneira para a definição de uma metodologia própria para o setor de defesa nacional.

Apresentou-se um panorama do setor de defesa no Brasil, que possibilta extrair algumas conclusões a respeito do sistema setorial de inovação em defesa no país. Foi verificado que a indústria de defesa alcançou um apogeu na década de

1980, contribuindo com uma parcela significatica da balança comercial brasileira, à época. Verificou-se que a Base Industrial de Defesa ainda conta com um expressivo número de firmas, entre estatais e privadas, com destaque para a Imbel e Engepron no segmento estatal, e a Embraer, Avibrás, Taurus e CBC, no segmento privado. No entanto, outras firmas têm surgido com produtos de alto conteúdo tecnológico agregado, com destaque para a Orbisat (radar Saber M-60) e a Mectron (míssil anticarro MSS 1.2).

Verificou-se que os gastos governamentais em defesa estão estacionados no patamar de 1,5% do PIB, enquanto que no comércio exterior de PRODE ainda é modesta a participação do país, com cerca de 0,2% das exportações mundiais.A academia participa do setor de defesa principalmente por intermédio dos institutos militares, o IME e o ITA, que produzem pesquisa aplicada em proveito da defesa. O marco legal do setor está começando a se tornar organizado, com as recentes publcações das leis 12.598 e 12.249. Os centros de P&D em defesa, a caro das Forças Armadas, são atores importantes no setor, principalmente o CTEx, o CTMSP e o DCTA, pois produzem algumas das tecnologias e inovações das quais a BID eventualmente se apropria.

Foi verificado, ainda, a existência de um grande número de grupos de pesquisa espalhados pelas principais universidades do país e por outros organismos não-acadêmicos, a exemplo do CNEN, os quais conduzem pesquisas em áreas relacionadas com a defesa. Os mecanismos de fomento têm direcionado uma expressiva quantidade de recursos financeiros para projetos de interesse da defesa. Finalmente, foi realizada uma análise SWOT do setor, que possibilitou ter uma ideia das forças, fraquezas, oportunidades e ameaças, as quais, se convenientemente tratadas, poderão contribiur para impulsionar a inovação no setor de defesa. A análise realizada do setor de defesa foi de fundamental importância para a composição dos temas-chave dos cenários futuros do setor.

Dessa forma, pelas razões expostas acima, acredita-se que a presente pesquisa constitui uma contribuição inédita na área da Administração, em particular

na sua vertente de estudos do futuro. Tratando-se de uma Ciência Social Aplicada, advoga-se que a maneira mais eficaz, senão a única maneira, de fazer o conhecimento avançar é por meio do trabalho de campo, do teste, da labuta, da experimentação de novas técnicas e métodos, enfim, da aplicação prática das teorias e hipóteses. Nesse sentido, pode-se afirmar com confiança que a presente tese foi bem sucedida.

Finalmente, cabe ressaltar que o trabalho irá contribuir significativamente com o EB para a elaboração de um projeto de Força que transformará o Exército de hoje em um Exército do futuro, em 2030. Porém, mais importante ainda, o trabalho possibilitou a experimentação de técnicas e métodos de análise prospectiva, possibilitando aos pesquisadores e profissionais envolvidos adquirir conhecimentos valiosos, que serão aperfeiçoados com o tempo. Essa capacitação adquirida, no campo dos estudos do futuro, é de valor inestimável para o Exército, para a Defesa e para o Brasil.

Brasília, DF, 12 de dezembro de 2012.

REFERÊNCIAS

AARONSON,S. The Light of Creation: An Interview with Arno A. Penzias and Robert W. Wilson. Bell Laboratories Record:12–18, 1979.

ABDI. Associação Brasileira de Desenvolvimento Industrial. Diagóstico: Base Industrial de Defesa Brasileira. Campinas: ABDI, NEIT-IE-UNICAMP, 2011.

ABIMDE. Associação Brasileira das Indústrias de Materiais de Defesa e Segurança. Disponível em: <http://www.abimde.org.br>. Acesso em: 19 jul 2012.

ABRAMOVITZ, M. Resource and Output Trends in the United States Since 1870. American Economic Review, v.46, p.5-23, 1956.

AGOSTINHO, S. Confissões. Martin Claret, 2002.

AGRALE. Informações Institucionais. Disponível em <http://www.agrale.com.br/pt/>. Acesso em: 10 dez 2012.

AMARANTE, J.A. Indústria brasileira de defesa: uma questão de soberania e de autodeterminação. In: As Forças Armadas e o desenvolvimento científico e tecnológico do País. Brasília : Ministério da Defesa, Secretaria de Estudos e de Cooperação, 2004.

AMRJ. Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.mar.mil.br/amrj/>. Acesso em: 10 dez 2012.

ANDERSEN, I.; Jæger, B. Danish Participatory Models. Scenario Workshops and Consensus Conferences: Towards More Democratic Decisionmaking. Science and Public Policy, 26(5), 1999.

ANSOFF, I. Managing Strategic Surprise by Response to Weak Signals. California Management Review, 18(2), p. 21–33, 1975.

ARISTÓTELES. Metafísica. Disponível em: <http://classics.mit.edu/Aristotle/metaphysics.html>. Acesso em: 07 jun 2010.

ARMSTRONG, J.S. Findings from Evidence-based Forecasting: Methods for Reducing Forecast Error. International Journal of Forecasting, 22(3), p. 583–598, 2006.

ARMSTRONG, J.S.; Collopy, F.; Yokum, J.T. Decomposition by Causal Forces: A Procedure for Forecasting Complex Time Series', International Journal of Forecasting, 21(1), p. 25–36, 2005.

ARMSTRONG, J.S. Assessing Game Theory, Role Playing, and Unaided Judgment, International Journal of Forecasting, 18(3), p. 345–352, 2002.

ARROWSMITH, J.; SISSON, K.; MARGINSON, P. What can “Benchmarking” Offer the Open Method of Coordination? Journal of European Public Policy, 11(2), p. 311–328, 2004.

ASIMOV, I. Eu, Robô. Rio de Janeiro: Ediouro, 2004.

AULICINO, A. L.; KRUGLIANSKAS, I. A contribuição de foresight tecnológico na formulação de políticas públicas de CT&I do país Estudo de Caso: MCT – Estudo Prospectar do Brasil. ComCiência Revista Eletrônica de Jornalismo Científico nº 60, nov.2004. Disponível em: <http://www.comciencia.br/comciencia/handler.php>. Acesso em: 24 mar 2006.

AULICINO, A. L. Foresight para Políticas de CT&I com Desenvolvimento Sustentável: estudo de caso Brasil. Tese de doutorado. São Paulo: USP, 2006(a).

BACON, F. Novum Organum. Disponível em: <http://ateus.net/ebooks/geral/bacon_novum_organum.pdf>. Acesso em: 07 jun 2010.

BARBEIRO, H. O relatório da CIA: como será o mundo em 2020. São Paulo: Ediouro, 2006.

BAS, E. Prospectiva: como usar el pensamiento sobre el futuro. Barcelona: Ariel, 1999.

BASTOS, E.C.S. Uma realidade brasileira: as exportações dos veículos militares engesa. Disponível em <http://www.ecsbdefesa.com.br/arq/Art552.htm>. Acesso em: 17 set 2012.

BBC. Disponível em http://news.bbc.co.uk/2/hi/business/3084718.stm. Acesso em 13 de agosto de 2010.

BECKER, H.; Van Doorn, J. Scenarios in an organizational perspective. Futures, vol. 19, nr 6, p.669, 1997.

BECKER, H. Scenarios: A Tool of Growing Importance to Policy Analysts in Government and Industry. Technology Forecasting and Social Change, 23, p. 95–120, 1983

BELL. Mechanism of Crystal Growth Discovered. BELL Laboratories Record: Abr 1964.

_____. An Interview with Dr Bruce Hannay. BELL Laboratories Record: Fev 1969.

BERGER, G. Étapes de La Prospective. Paris: PUF, 1967.

BERKHOUT, F.; HERTIN, J. Foresight Futures Scenarios: Developing and Applying a Participative Strategic Planning Tool. GMI newsletter, 2002.

BertaLanffy, L. V. (1975). Teoria Geral dos Sistemas. Ed. Vozes: 1975.

BIMBER, B.; POPPER, S. ‘What is a Critical Technology? RAND paper DRU-605-CTI, Santa Monica, 1994.

BIODIESELBR. Disponível em: <http://www.biodieselbr.com/proalcool/pro-alcool.htm>. Acesso em: 13 ago 2010.

BIRR, K. Science in American Industry. In Science and Society in the U.S. Homewood: Dorsey Press, 1966.

BONACELLI, M.B.M.; ZACKIEWICZ, M.; FERREIRA, C. R.; Prospecção Tecnológica e Priorização de Atividades de CT&I: Discussão Metodológica a partir do Caso da Área de Saúde. XXII Simpósio de Gestão da Inovaçao Tecnológica. Salvador, 2002.

BOUCHER, W.I. The Study of the Future: An Agenda for Research. Washington, DC: National Science Foundation, 1977.

BOUCHER, W.I. Scenarios and Scenario Writing, in Mendell, J. (ed.), Nonextrapolative Methods in Business Forecasting. Westport, CT: Quorum Books, 1985.

BOX, G.; JENKINS, J. Time Series Analysis: Forecasting and Control. San Francisco, CA: Holden-Day, 1976.

BRAINSTORMING. Disponível em: <http://www.brainstormingweb.com.br/>. Acesso em: 06 nov 2012.

BRASIL. Ministério da Defesa. Exército Brasileiro. Estado-Maior do Exército. Manual de Campanha C100-5 Operações, 3ªEdição, 1997.

BRASIL. Concepção Estratégica – Ciência Tecnologia e Inovação de Interesse da Defesa Nacional. Ministério da Defesa / Ministério da Ciência e Tecnologia. Brasília: MD/MCT, 2003.

BRASIL. Ministério da Defesa.Estratégia Nacional de Defesa. Brasília: MD, 2008.

BRASIL. Ministério da Defesa. Indústria de Defesa. Disponível em: <https://www.defesa.gov.br/index.php/industria-de-defesa.html>. Acesso em: 08 nov 2012.

BRITANITE. Informações Institucionais. Disponível em: <http://www.britanite.com.br/>. Acesso em: 10 dez 2012.

BROCKWELL, P; Davis, R. Introduction to Time Series and Forecasting. Springer, 1996.

BURGOYNE, J. Stakeholder Analysis, in Cassel, C. and Symon, G. (eds), Qualitative Methods in Organisational Research: A Practical Guide. London: Sage Publications, 1994.

BUSH, V. Science The Endless Frontier. Disponível em: <http://www.nsf.gov/about/history/vbush1945.htm>. Acesso em: 07 jun 2010.

CARDWELL, D. S. L. From Watt to Clausius. New York: Cornell University Press, 1971.

CASSINGENA HARPER, J. Vision Document, eFORESEE Malta ICT and Knowledge Futures Pilot, 2003.

CASSINGENA HARPER, J.; GEORGHIOU, L. The Targeted and Unforeseen Impacts of Foresight on Innovation Policy: The eFORESEE Malta Case Study. International Journal of Foresight and Innovation Policy, 2(1), p. 84–103, 2005.

CBC. Companhia Brasileira de Cartuchos. Informações Institucionais. Disponível em:<http://www.cbc.com.br/>. Acesso em: 10 dez 2012.

CENPES. Disponível em: <http://www2.petrobras.com.br/portal/frame.asp?pagina=/tecnologia2/port/centro_pesquisasdapetrobrasapresentacao.asp>. Acesso em: 13 ago 2010.

CGEE. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Disponível em: <http://www.cgee.org.br/>. Acesso em: 25 nov 2012.

CHAUDHRY, S.; Ross, W. Relevance Trees and Mediation. Negotiation Journal, 5, 1989.

CIPOLLA, C. M. História Econômica da População Mundial. Rio de Janeiro: Zahar, 1977.

CLARKE, A. C. 2001: Uma Odisseia no Espaço. New York: New American Library, 1968.

COHEN, I. B. Science: Servant of Man. Boston: Little, Brown and Co., 1948.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento de safra brasileira: grãos, primeiro levantamento, outubro, 2012.

CONDOR. Condor Tecnologias Não-Letais. Informações Institucionais. Disponível em: <http://www.condornaoletal.com.br/>. Acesso em: 04 dez 2012.

CONSTANT, E. W. The Origins of Turbo jet Revolution. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1980.

CORNISH, E. The Wild Cards in our Future. The Futurist, 37, p.18–22, 2003.

CROWTHER, J. G. Men of Science. New York: W. W. Norton and Co., 1936.

CUHLS, K. Futur – Foresight for Priority-setting in Germany. International Journal of Foresight and Innovation Policy, 1(3–4), p. 183–194, 2004.

DAS. Geostrategic Prospectives for the Next Thirty Years. Report made under the direction of the Délégation aux Affaires Stratégiques, 2007.

DCT. Departamento de Ciência e Tecnologia. Exército Brasileiro. Disponível em: <http://www.dct.eb.mil.br/index.php/prospeccao-tecnologica>. Acesso em: 25 nov 2012.

DEFRA. Defra’s Horizon Scanning Strategy for Science. London: Defra, 2002.

DGA. *Direction* G*énérale* de l'*Armement.* Disponível em: <http://www.defense.gouv.fr/dga/>. Acesso em: 13 ago 2010.

DE JOUVENEL, B. The Art of Conjecture. London: Weidenfeld and Nicolson, 1967.

DE La PORTE, C.; Pochet, P.; Room, G.J. Social Benchmarking, Policymaking and New Governance in the EU. Journal of European Social Policy, 11, p. 291–307, 2001.

DELLAGNEZZE, R. 200 anos da indústria de defesa no Brasil. Disponível em: <http://www.ecsbdefesa.com.br/defesa/fts/200ANOS.pdf>. Acesso em: 17 set 2012.

DREBORG, K. Essence of Backcasting. Futures, 28(9), p. 813–828, 1996.

DUPERRIN, J.C.; Godet, M. SMIC 74 – A Method for Constructing and Ranking Scenarios. Futures, 7(4), p. 302–312, 1975.

DURAND, T. Twelve Lessons Drawn from “Key Technologies 2005”, the French technology foresight exercise. Journal of Forecasting, 22(2-3), p. 161– 177, 2003.

ECEME. Escola de Comando e Estado-Maior do Exército. Disponível em <http://www.eceme.ensino.eb.br/eceme/>. Acesso em: 25 nov 2012.

EDQUIST, C.; LUNDVALL, B. Comparing the Danish and Swedish Systems of Innovation in R. R. Nelson (Ed.): National Innovation Systems. New York: Oxford University Press, pp. 265-298, 1993.

EIRMA. Technology Roadmapping – Delivering Business Vision, Working group report. European Industrial Research Management Association, Paris, 52, 1997.

ELIAS, A.A.; Cavana, R.Y.; Jackson, L.S. Stakeholder Analysis for R&D Project Management. R&D Management, 32(4), p. 301–310, 2002.

EMBRAER. Informações institucionais. Disponível em: <http://www.embraer.com.br/portugues/content/empresa/profile.asp>. Acesso em: 13 ago 2010.

EMBRAPA. Disponível em: <http://hotsites.sct.embrapa.br/pme/historia-da-embrapa>. Acesso em: 13 ago 2010.

EME. Estado-Maior do Exército. Disponível em: <http://www.eme.eb.mil.br/>. Acesso em: 25 nov 2012.

EMGEPRON. Empresa Gerencial de Projetos Navais. Informações Institucionais. Disponível em: <https://www.emgepron.mar.mil.br/index/index.php>. Acesso em: 10 dez 2012.

ERNST, H. The Use of Patent Data for Technological Forecasting: The Diffusion of CNC-technology in the Machine Tool Industry. Small Business Economics, 9, p. 361–381, 1997.

FERMA. A Risk Management Standard. Federation of European Risk Management Associations. Disponível em: <http://www.ferma.eu/wp-content/uploads/2011/11/a-risk-management-standard-english-version.pdf>. Acesso em: 15 nov 2012.

FORRESTER, J. World Dynamics. Cambridge, MA: Wright-Allen Press, 1971.

FRANÇA, R. O Brasil está no jogo: entrevista com Jim O'Neill. Disponível em: <http://www.fazenda.gov.br/resenhaeletronica/MostraMateria.asp?page=&cod=360413>. Acesso em: 05 jun. 2007.

FRASCATI. Manual de Frascati: Proposta de Práticas Exemplares para Inquéritos sobre Investigação e Desenvolvimento Experimental. Coimbra: Gráfica de Coimbra, 2007.

FREEMAN, C. Technology and Economic Performance: Lessons from Japan. London: Pinter, 1987.

FREITAS, J.E.F. EBNet: a Rede Estratégica de C4 do Exército. Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, Rio de Janeiro, 2006.

FREITAS, J. E. F; OLIVEIRA, L. G. A Engenharia de Sistemas e a Gestão de CoPS como Ferramentas da Gestão de Projetos Complexos na Área de TI. JISTEM [online]. vol.5, n.1, p.15-36, 2008.

GALVÃO-NETTO, A. Gestão de Ciência, Tecnologia e Inovação no Exército Brasileiro no Contexto da Lei de Inovação. Monografia de mestrado. Campinas: UNICAMP, 2011.

GAT. Global Arms Trade: Commerce in Advanced Military Technology and Weapons. Congress of the United States. Office of Technology Assessment, 1991.

GEORGHIOU, L.Evaluating Foresight and Lessons for its Future Impact. Second International Conference on Technology Foresight; Tokyo, 27–28 Feb, 2003.

GLENN, J.; GORDON, T. Futures Research Methodology. Washington: American Council for the United Nations, The Millennium Project, 1999.

GODET, M. Crisis de La prevision, essor de la prospective, PUF, 1977.

GODET, M. The crisis in forecasting and the emergence of the prospective approach. Unitar, Oxford, Pergamon Policy Studies, p.3, 1979.

GODET. M. Scenarios and strategic management. Londres: Buttleworth,1987.

GODET, M. Prospectiva y planificacion estratégica. Barcelona: SG Editores, 1991.

GODET, M. From anticipation to action A handbook of stratégie prospective. França: UNESCO Publishing, 1994.

GODET, M. The Art of Scenarios and Strategic Planning: Tools and Pitfalls. Technological Forecasting and Social Change, 65(1), p. 3–22, 2000.

GODET, M. Creating Futures: Scenario Planning as a Strategic Management Tool. London: Economica, 2001.

GODET, M. A prospectiva estratégica: para as empresas e os territórios. LIPSOR. Disponível em <http://www.laprospective.fr>. Acesso em: 29 nov 2012.

GOODWIN, P. Forecasting Games: Can Game Theory Win. International Journal of Forecasting, 18, p. 369–374, 2002.

GREEN, L.; POPPER, R.; MILES, I. IST Success Scenario and PolicyPriorities, in Compano, R., Pascu, C., and Weber, M. (eds), Challenges and Opportunities for IST Research in Europe, Bucharest: Publishing House of theRomanian Academy, 2005.

GRUMBACH, R. J. S.. Prospectiva: a Chave para o Planejamento Estratégico. 2 ed. Rio de Janeiro, Catau, 2000.

GRUPP, H. Technologie am Beginn des 21. Jahrhunderts, Heidelberg: Physica, 1993.

GST. Global Strategic Trends: out to 2040. Ministry of Defence. Strategic Trends Programme. Disponível em < http://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=global%20strategic%20trends%202040&source=web&cd=5&ved=0CEoQFjAE&url=http%3A%2F%2Fwww.mod.uk%2FNR%2Frdonlyres%2F6AAFA4FA-C1D3-4343-B46F-05EE80314382%2F0%2FGST4_v9_Feb10.pdf&ei=VgrGUOfmEcfK2AXB_YHYCA&usg=AFQjCNEImkPHTA5o7NdTcoPqrwFRhWiHZQ&cad=rja>. Acesso em: 10 dez 2012.

HARVEY, A. Forecasting, Structural Time Series Models and the Kalman Filter, Cambridge, MA: Cambridge University Press, 1989.

HAVAS, A. Evolving Foresight in a Small Transition Economy. Journal of Forecasting, 22(2-3), p. 179–201, 2003.

HEGEL, G. W. F. Filosofia da História. Brasília: UNB, 1995.

HELIBRAS. Informações Institucionais. Disponível em: <http://www.helibras.com.br/>. Acesso em: 10 dez 2012.

HENRIKSEN, A.; TRAYNOR, A. A Practical R&D Project-Selection Scoring Tool. IEEE Transactions on Engineering Management, 46(2), p. 158–170, 1999.

HILTUNEN, E. ‘Was It a Wild Card or just our Blindness to Gradual Change? Journal of Future Studies, 11(2), pp. 61–74, 2006.

HOJER, M.; MATTSSON, L. Determinism and Backcasting in Future Studies, Futures, 32(7), 2000, pp. 613–634.

HOOGENDOORN, J.; RENSMA, A.; BUTTER, M; GIESSEN, A. Opportunities in Innovation for the Dutch Defence Industry In The European Foresight Monitoring Network, 2007.

HOUAISS. Dicionário Eletrônico Houaiss da Língua Portuguesa. Versão 1.0. Ed. Objetiva, 2001.

HUME, D. Tratado da Natureza Humana, São Paulo, Editora UNESP, 2001.

HUNSICKER, H. Y.; STUMPF, H. C. History of Precipitation Hardening. In The Sorby Centennial Symposium on the History of Metallurgy. New York: Gordon and Breach Science Publishers, 1965.

ILMOLA, L.; KUUSI, O. Filters of Weak Signals Hinder Foresight: Monitoring Weak Signals Efficiently in Corporate Decision-making. Futures, 38(8), p. 908–924, 2006.

IMBEL. Indústria de Material Bélico do Brasil. Informações Institucionais. Disponível em: http://www.imbel.gov.br/. Acessado em 10 dez 2012.

IME. Página eletrônica do Curso de Inteligência Tecnológica. Disponível em http://www.de9.ime.eb.br/~intec/. Acesso em 27 out 2008.

INACE. Informações Institucionais. Disponíovel em <http://www.inace.com.br/>. Acesso em: 10 dez 2012.

INB. Disponível em: <http://www.inb.gov.br/inb/WebForms/default.aspx>. Acesso em: 13 ago 2010.

IÑIGUEZ, C. M. *Prospectiva. Ciencia y Tecnologia*, nr 39 (SECAB, Santa Fe de Bogotá, Colombia), septiembre, p.34, 1994.

ISO. ISO/IEC Guide 73:2002. Risk management, Vocabulary, Guidelines for use in Standards, 2002.

IVECO. Blog da Iveco. Disponível em <http://www.blogiveco.com.br/tag/guarani/>. Acesso em: 10 dez 2012.

JANTSCH, E. Technological Forecasting in Perspective. Paris: OECD, 1967.

JUNGK, R.; MÜLLERT, N. Future Workshops: How to Create Desirable Futures. London: Institute for Social Inventions, 1987.

JAMES, A. TEICHLER, T. Defence and Security: New Issues and Impacts. Paper for the special issue of Foresight Sharing Visions: Forward Looking Studies on Three Broad Policy Issues for Europe in the World in 2030, Aug. 2011.

KANT, I. Textos seletos. Petrópolis: Editora Vozes, 1985.

KARMAN, T. Aerodynamics. New York: Cornell University Press, 1954.

KEENAN, M. Identifying Emerging Generic Technologies at the National Level: the UK Experience. Journal of Forecasting, 22(2–3), p. 129–160, 2003.

KHUN, T. A Estrutura das Revoluções Científicas. São Paulo: Perspectiva, 2009.

KIM, L. Da Imitação à Inovação: a dinâmica do aprendizado tecnológico da Coréia. Campinas: Ed UNICAMP, 2005.

KLUSACEK, K. Technology Foresight in the Czech Republic. International Journal of Foresight and Innovation Policy, 2(1), p. 84–103, 2004.

KNIGHT, F. H. Risk, Uncertainty and Profit. New York: Sentry Press, 1964.

KONDRATIEV, N. Los Ciclos Largos de la Coyuntura Economica. México D. F.: UNAM, 1992.

KOSELLECK, R. Futuro Passado. Contribuição à semântica dos tempos históricos. Rio de Janeiro: Contraponto, Editora Puc-RJ, 2006.

KOSTOFF, R.; TOOTHMAN, D.R.; EBERHART, H.J.; HUMENIK, J.A. Text Mining Using Database Tomography and Bibliometrics: A Review. Technology Forecasting and Social Change, 68(3), p. 223–253, 2001.

KOSTOFF, R.; SCHALLER, R. Science and Technology Roadmaps. IEEE Transactions on Engineering Management, 48(2), p. 132–143, 2001.

KRAUSE, P.H. The Proteus Project – Scenario-based Planning in a UniqueOrganization. Technological Forecasting & Social Change, 69 (5), pp. 479–484, 2002.

KUUSI, O. Expertise in the Future Use of Generic Technologies. Helsinki: Government Institute for Economic Research (VATT), 1999.

LANDES, D. S. Progreso Tecnologico y Revolucion Industrial. Madrid: Editorial Tecnos, 1979.

LANDES, D. S. Prometeu Desacorrentado: transformação tecnológica e desenvolvimento industrial na Europa ocidental, desde 1750 até a nossa época. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1994.

LAPIN, J. Using External Environmental Scanning and Forecasting to Improve Strategic Planning. Journal of Applied Research in the Community College, 11(2), p. 105–113, 2004.

LAW, S.. Guia Ilustrado Zahar: filosofia. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 2008.

LINSTONE, H; TUROFF, M. The Delphi Method: Techniques and Applications. Disponível em:< http://www.is.njit.edu/pubs/delphibook/>. Acesso em: 05 dez 2012.

LIST, G.F. Sistema Nacional de Economia Política. São Paulo: Abril Cultural, 1983.

LIVINGSTONE, D. Science Fiction Models of Future World Order Systems. International Organization, 25, Spring, p. 254–270, 1971.

LIVINGSTON, D. The Utility of Science Fiction, in Fowels, J. (ed.), Handbookof Futures Research, Westpost, CT: Greenwood Press, p. 163–178, 1978.

LOSEE, J. Introdução Histórica à Filosofia da Ciência. Belo Horizonte: Ed. Itatiaia, 2000.

LOVERIDGE, D.; Georghiou, L.; Nedeva, N. Technology Foresight Programme: Delphi Survey. Manchester: PREST, The University of Manchester, 1995.

LUNDVALL, B. National Systems of Innovation: towards a theory of innovation and interactive learning (Introduction). London: Pinter Publisher, 1992.

LUNDVALL, B.; TOMLINSON, M. International Benchmarking as a Policy Learning Tool, in Rodrigues, M.J. (ed.), The New Knowledge Economy in Europe. Cheltenham: Edward Elgar, 2002.

MAKRIDAKIS, S. Prognósticos. Estratégia y planificacion para El siglo XXI. Diaz de Santos,p.62, 1993.

MALERBA, F. Sectoral systems of innovation and production, CESPRI – Bocconi University. Milão, Itália, DRUID - Conferência em: National Innovation Systems, Industrial Dynamics and Innovation Policy, p. 1-36, 1999.

MANERMAA, M. Futures Research and Social Decision Making. Futures, vol 18, nr 5, outubro, 1995, p. 660.

MARTIN, B. R. IRVINE, J. Research Foresight: Priority Setting in Science. London e NewYork: Pinter, 1989.

MASINI, E. Why future studies? Londres: Sage, p. 90, 1993.

MEADOWS, D.H.; MEADOWS, D.L.; RANDERS, J.W. The Limits to Growth, New York: Universe Books, 1972.

MECTRON. Informações Institucionais. Disponível em <http://www.mectron.com.br>. Acesso em 10 dez 2012.

MEIRELES, M. Ferramentas administrativas para identificar, observer e analisar problemas: organizações com foco no cliente. São Paulo: Arte & Ciência, 2001.

MELKERS, J. Bibliometrics as a Tool for Analysis of R&D Impacts, in Bozeman, B. and Melkers, J. (eds), Evaluating R&D Impacts: Methods and Practice. Boston: Kluwer, p. 43–61, 1993.

MENDELL,J.(1985).Non extrapolative methods in business forecasting. Quorum Books, p.21.

MENDONCA, S.; Cunha, M.P.E.; Kaivo-Oja, J. and Ruff, F. Wild Cards, Weak Signals and Organisational Improvisation. Futures, 36(2), p. 201–218, 2004.

METCALFE, S. The Economic Foundations of Technology Policy: Equilibrium and Evolutionary Perspectives, in P. Stoneman (ed.), Handbook of the Economics of

Innovation and Technological Change, Blackwell Publishers, Oxford (UK)/Cambridge (US), 1995.

MEYER-KRAHMER, F.; REISS, T. Ex Ante Evaluation and Technology Assessment – Two Emerging Elements of Technology Policy. Research Evaluation, 2, p. 47–54, 1992.

MILES, I. Scenario Analysis: Identifying Ideologies and Issues, in UNESCO, Methods for Development Planning: Scenarios, Models and Micro-studies. Paris:UNESCO Press, 1981.

MILES, I. Stranger than Fiction. How Important is Science Fiction for Futures Studies?, Futures, 25(3), p. 315–321, 1993.

MILES, I. Appraisal of Alternative Methods and Procedures for Producing Regional Foresight. Report prepared by CRIC for the European Commission's DG Research funded STRATA – ETAN Expert Group Action, Manchester, UK: CRIC, 2002.

MILES, I. Scenario Planning, in UNIDO Technology Foresight Manual,Volume 1 – Organization and Methods, Vienna: UNIDO, p. 168–193, 2005.

MILLENIUM. Futures Research Methodology. AC/UNU Milllenium Project. Disponível em <http://www.agri-peri.ir/AKHBAR/cd1/FORESIGHT%20METHODOLOGY%20&%20FORECASTING/FORESIGHT%20METHODOLOGY/related%20articles/books/Future%20Research%20Methodology/12-tree.pdf>. Acesso em: 19 nov 2012.

MILLET, S.; HONTON, E. A manager's guide to technology forecasting and strategy analysis method. Ohio: Batelle Press, p.66, 1991.

MOD. Ministry of Defence. Green Paper. Disponível em: <http://www.mod.uk/DefenceInternet/AboutDefence/CorporatePublications/ConsultationsandCommunications/PublicConsultations/TheDefenceGreenPaper2010Discussion.htm>. Acesso em: 13 set 2011.

MORTON, J. A. Organizing for Innovation. New York: McGraw-Hill Book Company, 1971.

MOWERY, D. C. Trajetórias da Inovação: a mudança tecnológica nos Estados Unidos da América no século XX. Campinas: Ed. Unicamp, 2005.

NARIN, F.; OLIVASTRO, D. Bibliometrics/Theory, Practice and Problems. Evaluation Review, 18(1), p. 65–77, 1994.

NARIN, F.; OLIVASTRO, D. Technology Indicators Based on Patents and Patent Citations, in Van Raan, A. (ed.). Handbook of Quantitative Studies of Science and Technology. North-Holland: Elsevier, 1988.

NELSON, R. National Innovation Systems. A Comparative Analysis, Oxford University Press, New York/Oxford, 1993.

NELSON, R. R. As Fontes do Crescimento Econômico. Campinas: Ed. Unicamp, 2006.

NELSON, R. R.; WINTER, S. Uma Teoria Evolucionária da Mudança Econômica. Campinas: Ed. Unicamp, 2005.

NIOSI, J.; SAVIOTTI, P.P.; BELLON, B.; M. CROW, M. National Systems of Innovation: In Search of a Workable Concept", Technology in Society, 15 (2): 207-227, 1993.

OCDE. Manual de Oslo: Diretrizes para Coleta e Interpretação de Dados sobre Inovação. Terceira Edição: FINEP, 2007.

OLIVEIRA, N. Novo campo no pré-sal pode aumentar reservas de petróleo em 30% Disponível em: <http://www.agenciabrasil.gov.br/noticias/2008/09/10/materia.2008-09-10.8155139777/view>. Acesso em: 25 out. 2008.

ORBISAT. Informações Institucionais. Disponível em: <http://www.orbisat.com.br/novo/portal.php>. Acesso em: 10 dez 2012.

ORWELL, G. Nineteen Eighty-Four. England/Germany: Longman, 1983.

PAGAN, A. Report and Modelling and Forecasting at the Bank of England, Bank of England Quarterly Bulletin, Spring, 2003.

PALETZ, D.; SHORT, J.Y.; BAKER, H.; Cookman Campbell, B.; Cooper, R.J.; Oeslander, R.M. Polls in the Media: Content, Credibility, and Consequences. Public Opinion Quarterly, 44, pp. 495–513, 1980.

PATEL, P.; PAVITT, K. The Nature and Economic Importance of National Innovation Systems. STI Review, No. 14, OECD, Paris, 1994.

PDN. Política de Defesa Nacional. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/Decreto/D5484.htm.> Acesso em: 09 nov 2012.

PETERSEN, J.L. Out of the Blue-How to Anticipate Big Future Surprises. Lanham: Madison Books, 1999.

PHAAL, R.; FARRUKH, C.; PROBERT, D. Customizing Roadmapping. Research-Technology Management, 47(2), p. 26–37, 2004.

PIERCY, N.; GILES, W. Making SWOT Analysis Work. Marketing Intelligence & Planning, 7(5), p. 5–7, 1989.

PLATÃO. A República. Disponível em: <http://classics.mit.edu/Plato/republic.html.> Acesso em: 07 jun 2010.

POPPER, K. R. The Logic of Scientific Discovery. New York: Basic Books, 1959.

POPPER, R. Cross-impact method for detecting key drivers in Peru. Report of the foresight workshop organised by the Consortium Prospective Peru (CPP) 17– 18 October. Lima, Peru: CPP, 2002.

POPPER, R. The Knowledge Society Delphi, EUFORIA Project report submitted by PREST to the European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions (EFL). Dublin, Ireland: EFL, 2003.

POPPER, R.; MILES, I. IST and Europe's Objectives – a Survey of ExpertOpinion, in Pascu, C. and Filip, F. (eds), Visions of the Future for IST, Challenges and bottlenecks Towards Lisbon 2010 in an Enlarged Europe. Bucharest: Publishing House of the Romanian Academy, p. 87–101, 2005.

POPPER, R.;MILES, I. The FISTERA Delphi: Future Challenges, Applications and Priorities for Socially Beneficial Information Society Technologies, FISTERA report prepared by PREST. Manchester, UK, 2005a.

POPPER, R.; GEORGHIOU, L.; CASSINGENA HARPER, J.; KEENAN, M.; MILES, I. The Handbook of Technology Foresight. Cornwall: MPG Books, 2008.

PORTER, A.; ROSSINI, F.A.; CARPENTER, S.R. A Guidebook for Technology Assessment and Impact Analysis. New York: North-Holland, 1980

RATCLIFFE, J. Scenario Planning: Strategic Interviews and Conversations. Foresight, 4(1), 2002.

RINGLAND, G. Scenario Planning: Managing for the Future. Chichester: John Wiley, 1998.

RITCHEY, T.; FRITZ ZWICKY. Morphologie and Policy Analysis. Paper presented at the 16th Euro Conference on Operational Analysis, Brussels, 1998.

ROCKFELLOW, J. Wild Cards: Preparing for "The Big One". The Futurist, 28(1), p. 14–18, 1994.

ROSENBERG, N. Por Dentro da Caixa Preta: Tecnologia e Economia. Campinas: Editora da Unicamp, 2006.

ROUBELAT, F. Scenario Planning as a Networking Process. Technological Forecasting and Social Change, 65(1), p. 99–112, 2000.

SALO, A.; GUSTAFSSON, T.; RAMANATHAN, R. Multicriteria Methods for Technology Foresight. Journal of Forecasting, 22(2–3), p. 235–255, 2003.

SANTOSLAB. Informações Institucionais. Disponível em: <http://www.santoslab.com.br/empresa.htm>. Acesso em: 10 dez 2012.

SARITAS, O.; ONER, M. Systemic Analysis of UK Foresight Results: Joint Application of Integrated Management Model and Roadmapping. Technological Forecasting and Social Change, 71(1–2), p. 27–65, 2004.

SARKOZY, N. Discours de M. Le Président de La République sur La Défense et La Sécurité Nationale. Disponível em: <http://www.livreblancdefenseetsecurite.gouv.fr/information/les_dossiers_actualites_19/livre_blanc_sur_defense_875/livre_blanc_1337/discours_president_republique_1338/index.html>. Acesso em: 20 jul 2010.

SBICCA, A.; PELAEZ, V. Sistemas de Inovação. In: Pelaez, V.; Szmrecsányi, T. (orgs.). Economia da inovação tecnológica. São Paulo: Hucitec, p. 415-448, 2006.

SCHOEMAKER, P.J.H. VAN DER HEIJDEN, C. Integrating Scenarios into Strategic Planning at Royal Dutch/Shell. Case Study. Planning Review, 1992.

SCHUMPETER, J. A. Business Cycles. New York: McGraw-Hill, 1939.

SCHUMPETER, J. A. Capitalism, Socialism and Democracy. New York: Harper and Row, 1950.

SCHUMPETER, J. A. A Teoria do Desenvolvimento Econômico. São Paulo: Nova Cultural, 1988.

SCHWARTZ, P. The Art of the Long View: Planning for the Future in an Uncertain World. New York: Doubleday, 1991.

SHANNON, C. A Mathematical Theory of Communication. Bell System Technical Journal, Jul 1948.

SILVA, L. G. O. Niobio : mercado nacional e internacional : modelo de previsão do consumo de ferro-niobio. Campinas: Unicamp, 1994.

SIMON, J.; DURANT, J. Public Participation in Science: The Role of Consensus Conferences in Europe, London: Science Museum, 1995.

SIPRI – Stockholm International Peace Research Institute. SIPRI Yearbook 2010: Armaments, Disarmament and International Security. Oxford: Oxford University Press, 2010.

SMITH G.; Wales C. Citizens Juries and Deliberative Democracy, Political Studies, 48(1), 2000, pp. 51–65.

SOLOW, R. Technical Change and the Aggregate Production Function. The Review of Economics and Statistics. Vol 39, Nr 3, Aug, 1957, pp. 312-320.

SOLOW, R. M. Technical Change and the Aggregate Production Function. Review of Economics and Statistics, v.39, p.312-20, 1957.

SOUTH AFRICA. Ministry of Arts, Culture Science and Technology. Foresight Crime Prevention, Criminal Justice and Defence Report. In: The National research and Technology Foresight Project. Brussels: Department of Science and Technology's. [1994?].110p.

SOUZA NETO, J. A. de; BAIARDI, A; CAVALCANTI DE ALBUQUERQUE, L. Gestão da Inovação Tecnológica. Brasília: Paralelo 15/Abipti, 2006.

SPAIN. Ministerio de La Defensa. Sistema de Observacion e Prospectiva Tecnologica. Disponível em: <http://www.defensa.gob.es/en/areasTematicas/investigacionDesarrollo/sistemas/>. Acesso em 19 de setembro de 2001.

STEINMÜLLER, K. Science Fiction and Science in the Twentieth Century, inPestre, D. and Krige, J. (eds), Science in the Twentieth Century, Harwood, pp. 339–360, 1997.

STEINMÜLLER, K. The Future as a Wild Card. A short introduction to a newconcept, in Brockett, S. and Dahlström, M. (eds). Spatial Development Trends: Nordic Countries in a European Context, Stockholm, 2004.

STOKES, D. E. O Quadrante de Pasteur. Campinas: Editora da Unicamp, 2005.

SULLIVAN, W. T. The Early Years of Radio Astronomy: Reflections Fifty Years After Jansky's Discovery. Cambridge University Press, 2005.

TAURUS. Informações Institucionais. Disponível em: <http://www.taurus.com.br/>. Acesso em: 06 dez 2012.

TIDD, J.; BESSANT, J.; PAVITT, K. Gestão da Inovação. Porto Alegre: Bookman, 2008.

TIGRE, P. B. Gestão da Inovação: a economia da tecnologia do Brasil. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

TOFFLER, A. A terceira onda: a morte do industrialismo e o nascimento de uma nova civilização. 2. ed. Rio de Janeiro: Record, 1980.

TRIAS DE BES, F; Kotler, P. A Bíblia da Inovação. São Paulo: Leya, 2011.

TRINDADE, F. T.; TRINDADE, L. S. P. As Telecomunicações no Brasil: do Segundo Império até o Regime Militar. Artigo Disponível em: <http://www.fdi.com.br/download/artigos/social14.pdf>. Acesso em: 13 ago 2010.

UFF. Programa de Pós-Graduação em Estudos Estratégicos. Disponível em: <http://www.uff.br/ppgest/>. Acesso em: 06 nov 2012.

UFJF. Centro de Pesquisas Estratégicas Paulino Soares de Sousa. Disponível em: <http://www.ecsbdefesa.com.br/defesa/index.php>. Acesso em: 06 nov 2012.

UFRJ. Centro de Ciências Jurídicas e Econômicas. Disponível em: <http://www.ccje.ufrj.br/index.php/cursos-de-graduacao>. Acesso em: 25 nov 2012.

UFSC. Página web da Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: <http://www.ppgep.ufsc.br/43.htm>. Acesso em: 27 out. 2008.

USAF. Alternate Futures for 2025: Security Planning to Avoid Surprise. A Research made for the United States Air Force. Apr. 1996.

UTTERBACK, J. M.; W. ABERNATHY. A dynamic model of process and product innovation. Omega, 33, p. 639-656, 1975.

UTTERBACK, J. M. Dominando a Dinâmica da Inovação. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1996.

VALLE, M.G. O sistema nacional de inovação em biotecnologia no Brasil: possíveis cenários. Campinas: SP, 2005.

VAN DER HEIJDEN, A. Scenarios: The Art of Strategic Conversation. Chichester, UK: John Wiley, 1996.

VIOTTI, E. B. Indicadores de ciência, tecnologia e inovação no Brasil. Campinas: Editora da Unicamp, 2003.

WAGNER, C.; POPPER, S. Identifying Critical Technologies in the United States: A Review of the Federal Effort. Journal of Forecasting, 22 (2/3), p. 113– 128, 2003.

WELLS, H.G. The time machine, an invention. London: W. Heinemann, 1895.

WILLYARD, C.H.; MCCLEES, C.W. Motorola's Technology Roadmap Process. Research Management, 30 (5), p. 13–19, 1987.

WITTE, J.; HOWARD, P. The Future of Polling: Relational Inference and the Development of Internet Survey Instruments, in Manza, J., Cook, F.L. and Page,

B.I. (eds). Navigating Public Opinion: Polls, Policy and the Future of American Democracy. New York: Oxford University Press, p. 272–289, 2002.

YOUNG, H.P. Individual Strategy and Social Structure. Princeton: Princeton University Press, 1998.

ZACKIEWICZ, M.; FERREIRA, C. F. B., MARIA B. M. Prospecção tecnológica e priorização de atividades de CT&I: discussão metodológica a partir do caso da área de saúde. In: XXII Simpósio de Gestão da Inovação Tecnológica, Salvador, 2002.

ZACKIEWICZ, M.; JANNUZZI, G.; MACEDO, I. Technology futures analysis as a decision problem - the case of brazilian energy technology foresight. In: EU-US seminar: new technology foresight, forecasting & assessment methods. Seville, 13-14 mai. 2004.

ZWICKY, F. Discovery, Invention, Research – Through the Morphological Approach. New York: Macmillan Publisher, 1969.

APÊNDICE A – TEMAS E VISÕES DE FUTURO

A.1 Desenvolvimento de Capacitações Tecnológicas Independentes

"A Indústria de Defesa deverá buscar o desenvolvimento de capacitações tecnológicas independentes. Essa meta condicionará as parcerias com países e empresas estrangeiras ao desenvolvimento progressivo de pesquisa e de produção no País." (Estratégia Nacional de Defesa)

Sobre o tema "Desenvolvimento de Capacitações Tecnológicas Independentes", são visualizados os seguintes possíveis futuros:

- Visão 1 (independência tecnológica total): o Brasil avança de forma significativa na P&D de tecnologias de interesse da defesa e alcança independência tecnológica total em 2030.
- Visão 2 (dependência tecnológica fraca): o Brasil avança razoavelmente na P&D de interesse da Defesa e alcança independência tecnológica na maioria das áreas estratégicas, como a espacial, a cibernética e a nuclear, mas permanece dependente em outras áreas estratégicas, em 2030.
- Visão 3 (dependência tecnológica forte): o Brasil avança pouco na P&D de tecnologias de interesse da Defesa e alcança independência tecnológica em algumas áreas, porém permanece dependente na maioria das áreas estratégicas, como a espacial, a cibernética e a nuclear, em 2030.

A.2 Integração da Pesquisa com a Produção

"A Indústria de Defesa deve buscar a máxima integração da pesquisa com a produção, de tal sorte que o domínio de tecnologias seja prontamente materializado em inovações. Dessa forma, evitar-se-á que a Indústria de Defesa polarize-se entre pesquisa avançada e produção rotineira." (Estratégia Nacional de Defesa)

Sobre o tema "Integração da Pesquisa com a Produção", são visualizados os seguintes possíveis futuros:
- Visão 1 (pesquisa fortemente integrada à produção): a pesquisa de vanguarda encontra-se fortemente integrada à produção, contribuindo para a geração de muitas inovações, porém sem a continuidade desejada.
- Visão 2 (pesquisa fracamente integrada à produção): a pesquisa de vanguarda encontra-se fracamente integrada à produção, contribuindo pouco para a geração de inovações.
- Visão 3 (pesquisa totalmente desconexa da produção): a pesquisa de vanguarda encontra-se totalmente desconexa da produção, não contribuindo para a geração de inovações.

A.3 Estabelecimento de Regime Regulatório e Tributário Especial

"Deve-se buscar estabelecer, para a indústria nacional de material de defesa, regime legal, regulatório e tributário especial. Tal regime resguardará as empresas privadas de material de defesa das pressões do imediatismo mercantil ao eximi-las do regime geral de licitações; as protegerá contra o risco dos contingenciamentos orçamentários e assegurará a continuidade nas compras públicas. "
(Estratégia Nacional de Defesa)

Sobre o tema "Estabelecimento de Regime Regulatório e Tributário Especial", são visualizados os seguintes possíveis futuros:
- Visão 1 (regime normativo muito bem organizado): o regime regulatório e tributário da indústria nacional de defesa encontra-se muito bem organizado, resguardando as empresas do imediatismo mercantil, eximindo-as do regime geral de licitações, protegendo-as do risco do contingenciamento e assegurando a continuidade nas compras públicas.
- Visão 2 (regime normativo bem organizado): o regime regulatório e tributário da indústria nacional de defesa encontra-se bem organizado, mas ainda restam alguns

entraves legais e tributários que prejudicam as empresas nacionais face às empresas estrangeiras.

- Visão 3 (regime normativo pouco organizado): o regime regulatório e tributário da indústria nacional de defesa encontra-se pouco organizado, com muitos entraves legais e tributários, expondo as empresas ao imediatismo mercantil, submetendo-as ao regime geral de licitações, desprotegendo-as do risco do contingenciamento e dificultando as compras públicas.

A.4 Eclosão de Conflito Armado na América do Sul

"O presidente venezuelano, Hugo Chávez, pediu no domingo que seus soldados se preparem para a guerra para garantir a paz, em meio à crescente tensão entre os governos de Venezuela e Colômbia, país que Chávez acusa de estar controlado pelos Estados Unidos com a intenção de iniciar um conflito bélico. "Se ocorrer ao império ianqui - utilizando a Colômbia ou não, mas já sabemos por onde vem - agredir militarmente a Venezuela... aqui começará a guerra dos 100 anos e essa guerra se estenderá por todo o continente. Saibam disso!", alertou o presidente antes de ser ovacionado pelo público. A Colômbia anunciou que recorrerá ao Conselho de Segurança da ONU e à Organização dos Estados Americanos (OEA) diante do que classificou de "ameaças" da Venezuela." (disponível em http://www.estadao.com.br/noticias/internacional,chavez-pede-a-soldados-venezuelanos-que-se-preparem-para-guerra,463349,0.htm, acesso em 16 Nov 09)

Sobre o tema "Eclosão de Conflito Armado na América do Sul", são visualizados os seguintes possíveis futuros:

- Visão 1 (eclosão de conflito armado, com a participação do Brasil): países da América do Sul entram em guerra. A ONU solicita ao Brasil intervir militarmente, para impor a paz. O conflito se prolonga, com o engajamento das Forças Armadas Brasileiras.

- Visão 2 (eclosão de conflito armado, sem a participação do Brasil): países da América do Sul entram em guerra, que se prolonga por tempo indeterminado, mas sem a participação militar do Brasil.
- Visão 3 (não ocorre conflito nenhum): apesar das crescentes tensões entre alguns países da América do Sul, a diplomacia prevalece e não ocorre nenhum conflito armado.

A.5 Ampliação do Conteúdo Tecnológico dos Produtos e Sv de Defesa

"Programas Estratégicos ou Mobilizadores - programas nacionais que estruturarão o esforço do País na busca de excelência em áreas de interesse estratégico para a Defesa Nacional e visam reposicionar o país no plano estratégico quer militar, quer científico, quer social." "Projetos Inovadores - iniciativas que derivam de oportunidades de negócios identificadas pelos diferentes elementos do SisCTID e que visam incorporar novidades em produtos ou serviços ofertados à sociedade, aumentando o seu valor econômico." "SisCTID (Sistema de Ciência, Tecnologia e Inovação de Interesse da Defesa Nacional) - conjunto de instituições, procedimentos e ferramentas que visa 'viabilizar soluções científico-tecnológicas e inovações, para a satisfação das necessidades do País atinentes à Defesa e ao Desenvolvimento Nacional.' " (Ministério da Defesa. "Concepção Estratégica: Ciência, Tecnologia e Inovação de Interesse da Defesa Nacional". Brasília, 2004, pág 19 e 54)

Sobre o Tema "ampliação do conteúdo tecnológico dos produtos e serviços de Defesa", são visualizados os seguintes possíveis futuros:
- Visão 1 (execução de programas mobilizadores e projetos inovadores): O Ministério da Defesa implementa uma série de ações que viabilizam o desenvolvimento de programas mobilizadores, bem como projetos inovadores. Em consequência, a Indústria de Defesa avança significativamente, com produtos de elevado valor estratégico e econômico.

- Visão 2 (execução de programas mobilizadores, mas sem projetos inovadores): O Ministério da Defesa implementa uma série de ações que viabilizam o desenvolvimento de programas mobilizadores, mas não viabiliza projetos inovadores. Em consequência, a Indústria de Defesa avança com produtos de elevado valor estratégico, mas fraco valor econômico.
- Visão 3 (execução de projetos inovadores, mas falta de programas mobilizadores): O Ministério da Defesa implementa uma série de ações que viabilizam o desenvolvimento de projetos inovadores, mas não viabiliza a criação de programas mobilizadores. Em consequência, a Indústria de Defesa fornece produtos de alto valor econômico, mas pouco valor estratégico.

A.6 Elevação do Nível de Capacitação de Recursos Humanos

"A capacitação de recursos humanos decorrente da grande evolução científico-tecnológica experimentada, principalmente, nos últimos cinqüenta anos, tem sido um dos principais fatores indutores do expressivo salto qualitativo no processo de desenvolvimento dos países. No que se refere ao SisCTID, a ampliação da competência profissional dos diferentes atores que o compõem deverá ser constantemente buscada pelos principais agentes (o governo, o setor educacional e as empresas) e estar direcionada para metas bem definidas no tempo e no espaço, visando a disponibilidade de recursos humanos bem qualificados." (MD/MCT. "Concepção Estratégica: Ciência, Tecnologia e Inovação de Interesse da Defesa Nacional". Brasília, 2004, pág 19)

Sobre o tema "elevação do nível de capacitação de recursos humanos", são visualizados os seguintes possíveis futuros:
- Visão 1 (acesso às tecnologias de ponta e adequada capacitação): O Ministério da Defesa implementa diversas ações que viabilizam o intercâmbio científico-tecnológico das instituições militares de P&D com instituições no Brasil e no exterior, o que possibilita acesso do País às tecnologias de interesse da Defesa Nacional.

Além disso, as Forças Armadas priorizam a capacitação de recursos humanos em áreas vinculadas a programas e projetos de interesse da Defesa Nacional.

- Visão 2 (acesso às tecnologias de ponta, mas inadequada capacitação): O Ministério da Defesa implementa diversas ações que viabilizam o intercâmbio científico-tecnológico das instituições militares de P&D com instituições no Brasil e no exterior, o que possibilita acesso do País às tecnologias de interesse da Defesa Nacional. No entanto, a capacitação de recursos humanos, nas Forças Armadas, não ocorre em áreas vinculadas a programas e projetos de interesse da Defesa Nacional.
- Visão 3 (adequada capacitação, mas sem acesso às tecnologias de ponta): as Forças Armadas priorizam a capacitação de recursos humanos em áreas vinculadas a programas e projetos de interesse da Defesa Nacional. Porém, não ocorre o intercâmbio científico-tecnológico das instituições militares de P&D com instituições no Brasil e no exterior, o que impossibilita o acesso do País às tecnologias de interesse da Defesa Nacional.

A.7 Participação Brasileira nas Operações de Paz

"Especialistas civis e militares discutem o papel do Brasil na Minustah (Missão das Nações Unidas no Haiti). É fato que o Brasil tem sido encorajado a participar de outras missões mais espinhosas, sobretudo na África. Para o professor Clóvis Brigagão, da Universidade Cândido Mendes, o sucesso no Haiti pode fazer com que alguns atores pensem no país atuando no Afeganistão. Já a Conselheira Gilda Motta Santos Neves, da Divisão das Nações Unidas, do ministério das Relações Exteriores, afirmou que o Brasil é freqüentemente consultado para participar de outras missões." (Marcelo Rech, do Rio de Janeiro - InfoRel)

Sobre o tema "Participação Brasileira nas Operações de Paz", são visualizados os seguintes possíveis futuros:

- Visão 1 (Brasil amplia sua participação em missões de paz): a situação interna no Haiti continua delicada, exigindo a permanência das tropas brasileiras naquele país.

Além disso, a ONU solicita ao Brasil que envie tropas em grande quantidade para outras áreas conflagradas, como Afeganistão, Sudão, Somália, Líbano e Congo.
- Visão 2 (Brasil mantém participação atual em missões de paz): a situação interna no Haiti continua delicada, exigindo a permanência das tropas brasileiras naquele país. No entanto, o Brasil não aceita enviar tropas para outras regiões conflagradas, como Afeganistão, Sudão, Somália, Líbano e Congo.
- Visão 3 (Brasil reduz sua participação em missões de paz): a situação interna no Haiti atinge um nível que torna desnecessária a permanência das tropas brasileiras. Além disso, o Brasil não aceita enviar tropas para outras regiões conflagradas.

A.8 Ampliação da Cooperação Militar do Brasil com Outros Países

"Os ministros de Defesa do Brasil, Nelson Jobim, e da China, Liang Guanglie, chegaram a um acordo para aumentar a cooperação militar bilateral em temas como a formação de oficiais ou as missões de paz, na reunião mantida entre ambos em Pequim, informou a agência oficial "Xinhua". Os dois titulares de defesa pactuaram também aumentar a cooperação em indústria militar, ciência e tecnologia, assim como criar uma comissão conjunta dos dois ministérios para aumentar os intercâmbios e a cooperação." (Fonte: Google Reader, acesso em 20 Nov 09)

"O ministro da Defesa, Nelson Jobim, disse ontem que os governos do Brasil e dos EUA estão discutindo um acordo de cooperação na área de defesa. Segundo Jobim, os americanos mostraram disposição de comprar cem aviões de combate Super Tucano, da Embraer, caso a parceria seja firmada." (Fonte: Folha de S. Paulo, acesso em 19 Out 09)

Sobre o tema "Ampliação da Cooperação Militar do Brasil com Outros Países", são visualizados os seguintes possíveis futuros:
- Visão 1 (Brasil fecha excelentes acordos com vários países importantes): O Brasil fecha acordo de cooperação militar com vários países de destaque no setor de

defesa, tais como China, EUA, França, Rússia e outros, obtendo efetiva transferência de tecnologia em diversas áreas estratégicas para a Defesa Nacional.
- Visão 2 (Brasil fecha acordos razoáveis com alguns países importantes): O Brasil fecha acordo de cooperação militar com alguns países de destaque no setor de defesa, e obtém efetiva transferência de tecnologia em poucas áreas estratégicas para a Defesa Nacional.
- Visão 3 (Brasil fecha acordos insatisfatórios com poucos países importantes): O Brasil fecha acordo de cooperação militar com poucos países de destaque no setor de defesa, e praticamente não obtém efetiva transferência de tecnologia em áreas estratégicas.

A.9 Participação de Empresas Estrangeiras no Brasil

"A Dassault Aviation participa do programa F-X2 da FAB com o consórcio Rafale International, formado também pelas empresas francesas Snecma, do grupo Safran, e a Thales. De acordo com a empresa, o consórcio se comprometeu em fazer a montagem, no Brasil, de 30 dos 36 caças que serão comprados pelo programa F-X2, com peças fabricadas no país por empresas brasileiras." (Fonte: Google Reader, acesso em 12 Nov 09)
"Uma das mais importantes parceiras da Força Aérea Brasileira (FAB) no programa de modernização de suas aeronaves, a Aeroeletrônica, controlada pelo grupo israelense Elbit, decidiu instalar no Brasil um centro de excelência para o desenvolvimento e fabricação de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs)."(Fonte: Google Reader, acesso em 17 Nov 09)

Sobre o tema "Participação de Empresas Estrangeiras no Brasil", são visualizados os seguintes possíveis futuros:
- Visão 1 (instalação de várias empresas no Brasil, com efetiva transferência de tecnologia): Diversas empresas estrangeiras do setor de material de defesa são instaladas no Brasil, transferindo tecnologia, gerando milhares de empregos e

impulsionando o setor de forma significativa nas áreas aeroespacial, naval e de sistemas terrestres.

- Visão 2 (instalação de várias empresas no Brasil, mas sem a efetiva transferência de tecnologia): Diversas empresas estrangeiras do setor de material de defesa são instaladas no Brasil. No entanto, essas empresas são apenas "montadoras" de produtos, cujas partes são em sua maioria importadas. Dessa forma, não ocorre a efetiva transferência de tecnologia para empresas locais.
- Visão 3 (instalação de poucas empresas no Brasil, mas sem a transferência de tecnologia): umas poucas empresas são instaladas no Brasil e, mesmo assim, apenas para atuar como "montadoras" de produtos, cujas partes são em sua maioria importadas. Assim, não ocorre a efetiva transferência de tecnologia.

A.10 Desenvolvimento de Arma Nuclear

"BRASÍLIA – O presidente em exercício, José Alencar, defendeu ontem que o Brasil domine a tecnologia nuclear para o desenvolvimento de armas atômicas. (...) Ele está convencido de que esse tipo de artefato tornaria o País mais respeitado internacionalmente. O Brasil é signatário da convenção de não proliferação de armas nucleares. Além disso, a Constituição Federal proíbe o País de fabricar bombas atômicas. Mas, para o presidente em exercício, isso não é problema." (Fonte: Jornal do Commercio - PE - 25 Set 09)

Sobre o tema "Desenvolvimento de Arma Nuclear", são visualizados os seguintes possíveis futuros:

- Visão 1 (Brasil domina tecnologia nuclear e desenvolve arma nuclear): Em face das crescentes ameaças à soberania brasileira, principalmente com relação à Amazônia e ao Pré-Sal, o Brasil muda sua Constituição, denuncia o Tratado de Não Proliferação, e se vê obrigado a dominar a tecnologia nuclear e, por fim, desenvolver arma nuclear, como forma de incrementar seu poder de dissuasão.

- Visão 2 (Brasil domina tecnologia nuclear, mas não desenvolve arma nuclear): o Brasil domina a tecnologia necessária para a fabricação de arma nuclear. Porém, mantém a proibição existente na Constituição e o respeito ao Tratado de Não-Proliferação, e decide não desenvolver esse tipo de artefato.
- Visão 3 (Brasil não domina tecnologia nuclear, nem desenvolve arma nuclear): o Brasil não consegue dominar a tecnologia necessária para a fabricação de arma nuclear. Em consequência, permanece sem possuir esse tipo de artefato.

A.11 Aprimoramento da Infra-Estrutura de P&D

"Para que as atividades a serem desenvolvidas nos institutos de P&D integrantes do SisCTID possam ser realizadas com a eficácia e a eficiência almejadas, é imprescindível, entre outros fatores, que a infra-estrutura desses órgãos passe por um permanente processo de manutenção de instalações e de adequação tecnológica (absorção de novos equipamentos, metodologias e processos laboratoriais), no sentido de apoiar, no momento oportuno, a execução de programas mobilizadores e projetos inovadores." (Concepção Estratégica: CT&I de Interesse da Defesa Nacional, pág 20)

Sobre o tema "Aprimoramento da Infra-Estrutura de P&D", são visualizados os seguintes possíveis futuros:
- Visão 1 (Excelente infra-estrutura de P&D): o MD estabelece um processo orgânico de investimento nos laboratórios e nas demais instalações das instituições que integram o SisCTID, implementa redes de laboratórios, obtém a certificação e o reconhecimento nacional e internacional dos laboratórios que integram o SisCTID, e obtém o estabelecimento de reciprocidade entre órgãos nacionais e internacionais certificadores de laboratórios.
- Visão 2 (Razoável infra-estrutura de P&D): o MD estabelece um processo orgânico de investimento nos laboratórios e nas demais instalações das instituições que integram o SisCTID e implementa redes de laboratórios. No entanto, não obtém a certificação e o reconhecimento nacional e internacional dos laboratórios que

integram o SisCTID, e nem obtém o estabelecimento de reciprocidade entre órgãos nacionais e internacionais certificadores de laboratórios.
- Visão 3 (Fraca infra-estrutura de P&D): o MD não estabelece um processo orgânico de investimento nos laboratórios e nas demais instalações das instituições que integram o SisCTID, e nem implementa redes de laboratórios. Em consequência, não obtém a certificação e o reconhecimento nacional e internacional dos laboratórios que integram o SisCTID, e nem obtém o estabelecimento de reciprocidade entre órgãos nacionais e internacionais certificadores de laboratórios.

A.12 Criação de um Ambiente Favorável à Inovação

"A indústria de Defesa, que sempre desempenhou um papel ativo na sustentação do desenvolvimento brasileiro, principalmente nos anos 80, vive, hoje, um período caracterizado pela redução da taxa de produtividade, devido à queda geral e pronunciada das encomendas militares e do volume das exportações." (Concepção Estratégica: CT&I de Interesse da Defesa Nacional, pág 20)

Sobre o tema "Criação de um ambiente favorável à inovação", são visualizados os seguintes possíveis futuros:
- Visão 1 (ambiente extremamente favorável à inovação): o MD implementa diversas ações que viabilizam a inserção da C,T&I de interesse da defesa no contexto da cadeia produtiva nacional, estimula a substituição de tecnologias e de produtos importados de interesse da Defesa Nacional por correspondentes nacionais competitivos, incentiva a criação de centros de excelência, implementa uma política de proteção do conhecimento e de propriedade intelectual, adéqua o tempo de P&D de produtos de defesa às necessidades da indústria, e incentiva o registro de patentes.
- Visão 2 (ambiente parcialmente favorável à inovação): o MD implementa poucas ações que viabilizam a inserção da C,T&I de interesse da defesa no contexto da cadeia produtiva nacional, estimula pouco a substituição de tecnologias e de produtos importados de interesse da Defesa Nacional por correspondentes nacionais competitivos, incentiva timidamente a criação de centros de excelência,

implementa uma política de proteção do conhecimento e de propriedade intelectual ineficiente, não adéqua o tempo de P&D de produtos de defesa às necessidades da indústria, e nem incentiva o registro de patentes.
- Visão 3 (ambiente desfavorável à inovação): o MD não implementa ações que viabilizam a inserção da C,T&I de interesse da defesa no contexto da cadeia produtiva nacional, não estimula a substituição de tecnologias e de produtos importados de interesse da Defesa Nacional por correspondentes nacionais competitivos, não incentiva a criação de centros de excelência, não implementa uma política de proteção do conhecimento e de propriedade intelectual, não adéqua o tempo de P&D de produtos de defesa às necessidades da indústria, e nem incentiva o registro de patentes.

A.13 Implantação de Mecanismos de Financiamento

"Para a execução de programas mobilizadores e a concretização de projetos inovadores, o SisCTID precisará da garantia de um fluxo contínuo de recursos financeiros, como forma de se contrapor ao vazio provocado pela retração dos valores orçamentários destinados aos investimentos em C,T&I para a Defesa Nacional, e aos sistemáticos contingenciamentos."
(Concepção Estratégica: CT&I de Interesse da Defesa Nacional, pág 21)

Sobre o tema "Implantação de mecanismos de financiamento", são visualizados os seguintes possíveis futuros, em 2030:
- Visão 1 (excelentes mecanismos de financiamento): o MD implementa diversas ações que viabilizam a captação de recursos financeiros nos fundos setoriais, no mercado de capitais, em contratos com a indústria, e em outras fontes, e estabelece mecanismos que asseguram a continuidade dos projetos estratégicos ao longo dos períodos orçamentários e governamentais. Alem disso, amplia muito a prestação de serviços pelas instituições militares de P&D e estimula contatos de representantes das Forças Armadas no exterior, visando o estabelecimento de parcerias e arranjos

financeiros com instituições ou empresas estrangeiras voltadas para tecnologias de interesse da Defesa Nacional.

- Visão 2 (razoáveis mecanismos de financiamento): o MD implementa poucas ações que viabilizam a captação de recursos financeiros nos fundos setoriais, no mercado de capitais, em contratos com a indústria, e em outras fontes. Alem disso, estabelece alguns mecanismos que assegurem a continuidade dos projetos estratégicos ao longo dos períodos orçamentários e governamentais. E mais, amplia pouco a prestação de serviços pelas instituições militares de P&D e pouco estimula contatos de representantes das Forças Armadas no exterior, visando o estabelecimento de parcerias e arranjos financeiros com instituições ou empresas estrangeiras voltadas para tecnologias de interesse da Defesa Nacional.

- Visão 3 (insuficientes mecanismos de financiamento): o MD não implementa ações que viabilizem a captação de recursos financeiros nos fundos setoriais, no mercado de capitais, em contratos com a indústria, e em outras fontes, nem estabelece mecanismos que assegurem a continuidade dos projetos estratégicos ao longo dos períodos orçamentários e governamentais. Alem disso, não amplia a prestação de serviços pelas instituições militares de P&D e nem estimula contatos de representantes das Forças Armadas no exterior, visando o estabelecimento de parcerias e arranjos financeiros com instituições ou empresas estrangeiras voltadas para tecnologias de interesse da Defesa Nacional.

A.14 Interesse da Sociedade nos Assuntos de Defesa

"A Defesa Nacional não deve mais ser considerada como objeto de preocupação, apenas, das Forças Armadas. Deve, também, ser foco da atenção permanente de toda a nossa sociedade. Algumas razões para tal mudança de paradigma podem ser citadas: a crescente convergência de interesses estrangeiros no País; a necessidade de vigilância eficaz e constante na linha de nossas fronteiras; a existência de vulnerabilidades no campo da segurança pública; e outras." (Concepção Estratégica: CT&I de Interesse da Defesa Nacional, pág 22)

Sobre o tema "interesse da sociedade nos assuntos de Defesa", são visualizados os seguintes possíveis futuros:

- Visão 1 (forte interesse da sociedade em assuntos de Defesa): são criados diversos programas de participação da comunidade estudantil em áreas de interesse da Defesa Nacional, amplia-se fortemente a participação das Forças Armadas no esforço nacional de educação e transformam-se praticamente todos os conhecimentos científico-tecnológicos desenvolvidos nos institutos militares de P&D em tecnologias que atendam aos interesses mais amplos da sociedade.
- Visão 2 (razoável interesse da sociedade em assuntos de Defesa): são criados alguns programas de participação da comunidade estudantil em áreas de interesse da Defesa Nacional, amplia-se pouco a participação das Forças Armadas no esforço nacional de educação e transformam-se alguns conhecimentos científico-tecnológicos desenvolvidos nos institutos militares de P&D em tecnologias que atendam aos interesses mais amplos da sociedade.
- Visão 3 (fraco interesse da sociedade em assuntos de Defesa): não são criados programas de participação da comunidade estudantil em áreas de interesse da Defesa Nacional, não há a participação das Forças Armadas no esforço nacional de educação e não se transformam os conhecimentos científico-tecnológicos desenvolvidos nos institutos militares de P&D em tecnologias que atendam aos interesses mais amplos da sociedade.

A.15 Integração das Iniciativas de CT&I de Interesse da Defesa

"Avalia-se que o potencial científico-tecnológico-inovador, latente nos institutos militares de ensino, de pesquisa e desenvolvimento, deverá ganhar um grande impulso no sentido de sua materialização em bens e serviços, quando tais órgãos estiverem plenamente integrados aos institutos e universidades civis congêneres, que compõem o sistema nacional de CT&I, sempre buscando a geração de benefícios tangíveis para a nossa sociedade." (Concepção Estratégica: CT&I de Interesse da Defesa Nacional, pág 23)

Sobre o tema "Integração das iniciativas de CT&I de interesse da Defesa", são visualizados os seguintes possíveis futuros, em 2030:

- Visão 1 (forte integração das iniciativas de CT&I): são criadas inúmeras parcerias com universidades, centros de excelência e a indústria, para o desenvolvimento de novos produtos, tecnologias e serviços. As atividades correlatas dos centros militares de P&D estão fortemente integradas. Os centros militares de P&D estão muito integrados às redes temáticas de C&T. Os pesquisadores e tecnólogos, que integram o SisCTID, estão cadastrados em base de dados de abrangência e de reconhecimento nacionais.
- Visão 2 (razoável integração das iniciativas de CT&I): são criadas algumas parcerias com universidades, centros de excelência e a indústria, para o desenvolvimento de novos produtos, tecnologias e serviços. Algumas atividades correlatas dos centros militares de P&D estão integradas. Os centros militares de P&D estão parcialmente integrados às redes temáticas de C&T. Alguns dos pesquisadores e tecnólogos, que integram o SisCTID, estão cadastrados em base de dados de abrangência e de reconhecimento nacionais.
- Visão 3 (fraca integração das iniciativas de CT&I): são criadas poucas parcerias com universidades, centros de excelência e a indústria, para o desenvolvimento de novos produtos, tecnologias e serviços. Poucas atividades correlatas dos centros militares de P&D estão integradas. Os centros militares de P&D estão fracamente integrados às redes temáticas de C&T. Poucos pesquisadores e tecnólogos, que integram o SisCTID, estão cadastrados em base de dados de abrangência e de reconhecimento nacionais.

A.16 Estabelecimento de Política para a Valorização de RH

"O País deve preservar a competência de seus pesquisadores e cientistas, reconhecidos internacionalmente, tanto pela capacidade de trabalho quanto pelo poder criativo (...). Entretanto, para manter esses brilhantes profissionais no País, é necessário que lhes sejam proporcionadas melhores condições de trabalho

(traduzidas, p.ex., por boa infra-estrutura laboratorial e equipamentos modernos), planos de carreira adequados e remuneração compatíveis com a relevância dos serviços prestados." (Concepção Estratégica: CT&I de Interesse da Defesa Nacional, pág 23)

Sobre o tema "Estabelecimento de política para a valorização de recursos humanos", são visualizados os seguintes possíveis futuros:
- Visão 1 (excelente política de valorização de RH): o MD implementa excelentes programas de incentivo à P&D, por meio de premiações e recompensas a recursos humanos. Além disso, o MD estrutura um atrativo plano de carreira dos servidores vinculados às instituições militares de CT&I.
- Visão 2 (razoável política de valorização de RH): o MD implementa um razoável programa de incentivo à P&D, por meio de premiações e recompensas a recursos humanos. Além disso, o MD estrutura um razoável plano de carreira dos servidores vinculados às instituições militares de CT&I.
- Visão 3 (fraca política de valorização de RH): o MD não implementa um efetivo programa de incentivo à P&D. Além disso, o plano de carreira dos servidores vinculados às instituições militares de CT&I não se mostra atrativo.

A.17 Implantação de Sistemática de Planejamento Estratégico

"Para consolidar uma posição de excelência e se tornar referência nacional, o SisCTID deverá ter uma estrutura capaz de facilitar a implantação de processos de gestão (...). É imprescindível, também, estabelecer uma linha de trabalho em prospecção, para que seja possível acompanhar a evolução mundial de materiais e serviços de Defesa no campo científico-tecnológico-inovador e identificar os programas e projetos estratégicos que possam produzir impactos positivos para a Defesa e para a Sociedade (caráter dual dos materiais e serviços de Defesa)." (Concepção Estratégica: CT&I de Interesse da Defesa Nacional, pág 24)

Sobre o tema "Implantação de sistemática de planejamento estratégico", são visualizados os seguintes possíveis futuros:

- Visão 1 (excelente sistemática de planejamento estratégico): o MD implementa sistemas de informação e prospecção tecnológica, e de identificação de áreas estratégicas emergentes de CT&I, de interesse da Defesa Nacional, além de desenvolver indicadores de CT&I assentados em referências metodológicas internacionais.
- Visão 2 (razoável sistemática de planejamento estratégico): o MD implementa sistemas de informação e prospecção tecnológica, e de identificação de áreas estratégicas emergentes de CT&I, de interesse da Defesa Nacional, porém não desenvolve indicadores de CT&I assentados em referências metodológicas internacionais.
- Visão 3 (fraca sistemática de planejamento estratégico): o MD não implementa sistemas de informação e prospecção tecnológica, e de identificação de áreas estratégicas emergentes de CT&I, de interesse da Defesa Nacional, nem desenvolve indicadores de CT&I assentados em referências metodológicas internacionais.

A.18 Orçamento da Defesa

"O presidente em exercício, José Alencar, defendeu ontem um aumento no orçamento das Forças Armadas, incluindo Exército, Marinha e Aeronáutica. Alencar afirmou que o ideal seria um orçamento correspondente a 3% a 5% do PIB brasileiro." (Fonte: Valor Econômico, acesso em 25 Set 09) "Paralelamente às alterações jurídicas, o Ministério da Defesa trabalha na elevação do orçamento das Forças Armadas. Jobim vem se reunindo há três meses com parlamentares de todos os partidos a fim de pedir apoio do Congresso para o aumento dos recursos da Defesa." (Fonte: Defesabr, acesso em 06 Nov 09)

Sobre o tema "Orçamento da Defesa", são visualizados os seguintes possíveis futuros, em 2030:

- Visão 1 (aumento do orçamento da Defesa): o orçamento da Defesa aumenta significativamente, atingindo cerca de 3% do PIB, ou mais.
- Visão 2 (manutenção dos níveis orçamentários atuais da Defesa): não ocorre aumento do orçamento da Defesa, mantendo-se em cerca de 1,5% do PIB.
- Visão 3 (redução do orçamento da Defesa): ocorre redução do orçamento da Defesa, caindo para cerca de 1% do PIB, ou menos.

A.19 Participação das Forças Armadas em Operações Policiais

"As Forças Armadas deverão ganhar mais poder de polícia e proteção legal para realizar operações típicas de manutenção e garantia da lei e da ordem. Essas mudanças fazem parte da proposta de novo texto para a Lei Complementar 97 - a que o Estado teve acesso. Em operações de vigilância na fronteira e demais ações ordenadas pelos poderes constituídos, Exército, Marinha e Aeronáutica podem revistar pessoas, veículos e instalações e fazer prisões em flagrante delito." (Fonte: estadao.com.br, acesso em 06 Nov 09)

Sobre o tema "Participação das Forças Armadas em Operações Policiais", são visualizados os seguintes possíveis futuros, em 2030:
- Visão 1 (forte participação das FA em Op Policiais): o crime organizado e os delitos transnacionais, principalmente os relacionados ao narcotráfico, aumentam dramaticamente. As Forças Policiais não conseguem, sozinhas, reprimir esses delitos. Em consequência, as FA passam a atuar fortemente em Op policiais, tanto nas fronteiras, como nos grandes centros.
- Visão 2 (razoável participação das FA em Op Policiais): o crime organizado e os delitos transnacionais, principalmente os relacionados ao narcotráfico, aumentam. No entanto, as Forças Policiais conseguem, sozinhas, reprimir esses delitos. Em consequência, as FA atuam em Op Policiais, mas principalmente em regiões de fronteira.
- Visão 3 (fraca participação das FA em Op Policiais): o crime organizado e os delitos transnacionais, principalmente os relacionados ao narcotráfico, aumentam.

No entanto, as Forças Policiais conseguem, sozinhas, reprimir esses delitos. Em consequência, as FA praticamente não atuam em Op Policiais.

A.20 Criação de um Parque Tecnológico de Defesa

"Um parque tecnológico é uma concentração geográfica de empresas e instituições associadas que criam um ambiente favorável à inovação tecnológica. À medida que passam a compartilhar do mesmo ambiente, empresas, universidades, centros de pesquisa e investidores geram benefícios econômicos para seus participantes e para as comunidades, devido à colaboração entre seus participantes e as instituições parceiras." (http://pt.wikipedia.org/wiki/Parque_tecnológico)

Sobre o tema "Criação de um Parque Tecnológico de Defesa", são visualizados os seguintes possíveis futuros:
- Visão 1 (Existência de um Parque Tecnológico de Defesa forte): o Parque Tecnológico de Defesa é criado e se fortalece, possibilitando a geração de várias novas empresas nacionais do setor de Defesa.
- Visão 2 (Existência de um Parque Tecnológico de Defesa fraco): o Parque Tecnológico de Defesa é criado, mas não deslancha. Em consequência, poucas empresas nacionais do setor são criadas pelo Parque.
- Visão 3 (Inexistência de um Parque Tecnológico de Defesa): não é criado o Parque Tecnológico de Defesa.

APÊNDICE B – CENÁRIOS DA INDÚSTRIA DE DEFESA

Neste apêndice, serão apresentados mais três cenários para o setor de Defesa, além do que foi apresentado no capítulo 6. O cenário já apresentado, “O Bom é Inimigo do Ótimo”, é o cenário mais provável, que foi considerado um bom cenário.

Normalmente, são desenvolvidos de três a seis cenários. Menos de três cenários é considerado pouco, para fins de seleção de alternativas, e mais de seis começa a tornar o gerenciamento impraticável. Normalmente, o cenário mais provável também é chamado de cenário “de tendência”, ou seja, é o cenário que ocorrerá caso não haja nenhuma mudança no curso dos acontecimentos atuais.

Outro cenário típico é o cenário desejável, ou mais desejável, ou ideal. Normalmente, é o cenário que trará maiores benefícios para a organização que patrocina a análise prospectiva. No caso, será considerado como ideal o cenário com maior impacto positivo para o setor de Defesa.

Esta tese traz como novidade dois outros tipos de cenário, o de alto risco e o prioritário. O cenário de alto risco é formado pelas visões com maior valor da variável R, obtida na ferramenta MAC. O cenário prioritário, por sua vez, é formado com as visões de maior valor da variável P, calculada na MAC com a técnica GUT. Assim, serão apresentados neste apêndice os seguintes cenários:

- mais provável (versão detalhada);
- ideal;
- alto risco; e
- prioritário.

B.1 Cenário mais provável: “O Bom é Inimigo do Ótimo”

O capítulo 6 apresentou a versão resumida do cenário mais provável para a indústria de defesa no Brasil. A seguir será apresentada a versão detalhada do cenário denominado “O Bom é Inimigo do Ótimo”.

Em 2030, no campo científico-tecnológico, o Brasil avançou razoavelmente na P&D de interesse da Defesa e alcançou independência tecnológica na maioria das áreas estratégicas, como a espacial, a cibernética e a nuclear, mas permanece dependente em outras áreas estratégicas. O Ministério da Defesa implementa uma série de ações que viabilizam o desenvolvimento de programas mobilizadores, mas não viabiliza projetos inovadores. Em consequência, a Indústria de Defesa avança com produtos de elevado valor estratégico, mas fraco valor econômico. No que tange à infra-estrrutura de P&D, o MD estabelece um processo orgânico de investimento nos laboratórios e nas demais instalações das instituições que integram o SisCTID e implementa redes de laboratórios. No entanto, não obtém a certificação e o reconhecimento nacional e internacional dos laboratórios que integram o SisCTID, e nem obtém o estabelecimento de reciprocidade entre órgãos nacionais e internacionais certificadores de laboratórios. O Parque Tecnológico de Defesa é criado, mas não deslancha. Em consequência, poucas empresas nacionais do setor são criadas pelo Parque.

No campo econômico, em 2030, a pesquisa de vanguarda encontra-se fracamente integrada à produção, contribuindo pouco para a geração de inovações. O regime regulatório e tributário da indústria nacional de defesa encontra-se bem organizado, inclusive com a promiulgação da Lei 12.598 (RETID), mas ainda restam alguns entraves legais e tributários que prejudicam as empresas nacionais face às empresas estrangeiras. Diversas empresas estrangeiras do setor de material de defesa são instaladas no Brasil. No entanto, essas empresas são apenas “montadoras” de produtos, cujas partes são em sua maioria importadas. Dessa forma, não ocorre a efetiva transferência de tecnologia para empresas locais. O MD

implementa poucas ações que viabilizam a inserção da C,T&I de interesse da defesa no contexto da cadeia produtiva nacional, estimula pouco a substituição de tecnologias e de produtos importados de interesse da Defesa Nacional por correspondentes nacionais competitivos, incentiva timidamente a criação de centros de excelência, implementa uma política de proteção do conhecimento e de propriedade intelectual ineficiente, não adéqua o tempo de P&D de produtos de defesa às necessidades da indústria, e nem incentiva o registro de patentes. O MD implementa poucas ações que viabilizam a captação de recursos financeiros nos fundos setoriais, no mercado de capitais, em contratos com a indústria, e em outras fontes. Além disso, estabelece alguns mecanismos que assegurem a continuidade dos projetos estratégicos ao longo dos períodos orçamentários e governamentais. E mais, amplia pouco a prestação de serviços pelas instituições militares de P&D e pouco estimula contatos de representantes das Forças Armadas no exterior, visando o estabelecimento de parcerias e arranjos financeiros com instituições ou empresas estrangeiras voltadas para tecnologias de interesse da Defesa Nacional.

No campo militar, em 2030, apesar das crescentes tensões entre alguns países da América do Sul, a diplomacia prevalece e não ocorre nenhum conflito armado. A situação interna no Haiti continua delicada, exigindo a permanência das tropas brasileiras naquele país. Além disso, a ONU solicita ao Brasil que envie tropas em grande quantidade para outras áreas conflagradas, como Afeganistão, Sudão, Somália, Líbano e Congo. O Brasil fecha acordo de cooperação militar com alguns países de destaque no setor de defesa, e com isso obtém efetiva transferência de tecnologia em algumas áreas estratégicas para a Defesa Nacional.

No campo político, em 2030, o Brasil domina a tecnologia necessária para a fabricação de arma nuclear. Porém, mantém a proibição existente na Constituição e o respeito ao Tratado de Não-Proliferação, e decide não desenvolver esse tipo de artefato. Algumas atividades correlatas dos centros militares de P&D estão integradas. Os centros militares de P&D estão parcialmente integrados às redes temáticas de C&T. Alguns dos pesquisadores e tecnólogos, que integram o SisCTID, estão cadastrados em base de dados de abrangência e de reconhecimento

nacionais. O MD implementa sistemas de informação e prospecção tecnológica, e de identificação de áreas estratégicas emergentes de CT&I, de interesse da Defesa Nacional, porém não desenvolve indicadores de CT&I assentados em referências metodológicas internacionais. Não ocorre aumento do orçamento da Defesa, mantendo-se em cerca de 1,5% do PIB.

No campo social, em 2030, são criados alguns programas de participação da comunidade estudantil em áreas de interesse da Defesa Nacional. No entanto, amplia-se pouco a participação das Forças Armadas no esforço nacional de educação e poucos conhecimentos científico-tecnológicos desenvolvidos nos institutos militares de P&D são efetivamente transfomados em tecnologias que atendam aos interesses mais amplos da sociedade. Ainda não ocorreu o desejado intercâmbio científico-tecnológico das instituições militares de P&D com outras instituições no Brasil e no exterior, o que impossibilita o acesso do País às tecnologias de interesse da Defesa Nacional. As Forças Armadas priorizam a capacitação de recursos humanos em áreas vinculadas a programas e projetos de interesse da Defesa Nacional. São criadas algumas parcerias com universidades, centros de excelência e a indústria, para o desenvolvimento de novos produtos, tecnologias e serviços. O MD implementa um razoável programa de incentivo à P&D, por meio de premiações e recompensas a recursos humanos. Além disso, o MD estrutura um razoável plano de carreira dos servidores vinculados às instituições militares de CT&I. O crime organizado e os delitos transnacionais, principalmente os relacionados ao narcotráfico, aumentam dramaticamente. As Forças Policiais não conseguem, sozinhas, reprimir esses delitos. Em consequência, as Forças Armadas passam a atuar fortemente em Operações policiais, tanto nas fronteiras, como nos grandes centros. Isso favorece o desenvolvimento de produtos de defesa e segurança com características “não-letais”, tais como armas de choque elétrico, equipamentos de proteção balística, sprays químicos, veículos de controle de distúrbios, dentre outros.

B.2 Cenário Ideal: "Brasil Potência Industrial-Militar"

Considerou-se como cenário ideal aquele com o maior impacto positivo para a indústria de defesa. Assim, utilizando-se a ferramenta MAC, foram selecionadas as visões de futuro de cada tema com maior valor da variável Impacto (I), conforme mostrado na tabela 28.

Tabela 28: seleção do cenário ideal na ferramenta MAC

	Visão 1					Visão 2					Visão 3				
	P	E	R	I	L	P	E	R	I	L	P	E	R	I	L
Tema 1	3,9	2050	3,4	1,7	25,5	23,6	2028	4,3	0,5	38,8	48,2	2020	3,2	-1,4	35,8
Tema 2	7,1	2041	2,5	1,8	36,4	30,6	2024	5	0	37,2	43,5	2019	6,6	-1,6	26,4
Tema 3	6,2	2042	2,9	1,8	30,8	21,0	2026	4	0,8	36,1	50,2	2017	6,9	-1,5	33,1
Tema 4	10,1	2042	4,2	0,9	27,2	24,1	2028	4,6	0,3	35,4	32,5	2023	5,2	-0,1	37,4
Tema 5	7,2	2039	2,7	1,8	32,7	25,9	2023	4,5	0,4	34,4	35,7	2021	5,7	-0,5	32,9
Tema 6	6,5	2039	2,6	1,9	32	28,4	2024	5	0	32,7	35,5	2024	5,8	-0,6	35,2
Tema 7	16,7	2027	2,9	1,3	39,8	28,9	2020	4,5	0,4	36,7	24,8	2033	5,9	-1	23,5
Tema 8	9,2	2036	3	1,6	31,9	24,3	2023	4	0,7	38	36,1	2024	6,2	-1	30,1
Tema 9	6,4	2042	3	1,7	28,9	29,1	2024	4,7	0,2	38,4	40,6	2021	6,3	-1	32,7
Tema 10	7,7	2046	4,1	1	25,9	23,8	2025	3,6	0,9	45,9	39,3	2021	6,2	-1,2	28,1
Tema 11	6,3	2043	3	1,8	34,8	24,4	2025	4,1	0,7	41,2	41,4	2017	6,1	-1,4	24
Tema 12	6,9	2040	2,7	1,8	32,5	24,4	2023	4	0,7	38,1	43,1	2020	6,5	-1,4	29,4
Tema 13	6,9	2037	2,8	1,9	30,8	24,2	2023	3,9	0,7	37,5	43,9	2020	6,6	-1,3	31,7
Tema 14	6,9	2042	3,3	1,6	28,3	23,4	2025	4,2	0,6	36	47,0	2020	6,6	-1,3	35,7
Tema 15	7,4	2038	2,7	1,8	31,8	23,4	2024	4	0,7	37	42,4	2019	6,4	-1,1	31,2
Tema 16	7,3	2039	3	1,7	29,3	23,5	2025	4,2	0,6	36,1	47,2	2020	6,9	-1,4	34,6
Tema 17	9,6	2036	2,8	1,6	33,9	26,0	2024	4,2	0,5	38,4	41,7	2020	6,5	-1,4	27,7
Tema 18	8,2	2034	3	1,8	29,9	34,0	2021	5	0	39,4	38,8	2028	6,9	-1,7	30,8
Tema 19	25,5	2026	4,5	0,4	37,9	31,3	2021	4,8	0,1	36,3	20,8	2034	5,3	-0,3	25,8
Tema 20	7,0	2040	2,8	1,8	33,3	28,3	2024	4,7	0,2	36,6	42,7	2021	6,6	-1,4	30,1

Portanto, a tabela MAC nos mostra claramente que o cenário ideal é formado pelas visões 1 de todos os temas. Assim, o cenário "Brasil Potência Industrial-Militar" seria descrito da seguinte maneira (versão resumida):

Em 2030, no que diz respeito à C&T no setor de Defesa, o Brasil alcança independência tecnológica quase total. Diversos programas mobilizadores e projetos inovadores são executados, dando um grande impulso ao setor, que conta, ainda,

com uma excelente infra-estrutura de P&D. A destacada situação do setor foi fortemente beneficiada pela criação de um Parque Tecnológico de Defesa, o qual possibilitou a geração de várias novas empresas nacionais do setor de Defesa.

No campo econômico, em 2030, a P&D encontra-se fortemente integrada à produção. O regime normativo é muito bem organizado, inclusive com a sanção da Lei 12.598, que criou um regime regulatório e tributário especial para o setor. Várias empresas estrangeiras são instaladas no Brasil, propiciando uma efetiva transferência de tecnologia para as empresas nacionais. O ambiente macroeconômico no setor é extremamente favorável à inovação, o qual se beneficia de excelentes mecanismos de financiamento.

No campo militar, em 2030, ocorre a eclosão de conflito armado entre países do subcontinente sulamericano, no qual o Brasil é obrigado a intervir militarmente, para impor a paz, a pedido da OEA. Ao mesmo tempo, o Brasil amplia sua participação em missões de paz a pedido da ONU em outras regiões do planeta. O Brasil fecha excelentes acordos de cooperação militar com vários países importantes.

No campo político, em 2030, em virtude de fortes pressões externas com relação à soberania da Amazônia, e após um referendo popular e mudança constitucional, o Brasil domina tecnologia nuclear e desenvolve arma nuclear. Ocorre uma forte integração das iniciativas de CT&I, coordenada pelo MD, o qual implanta, também, uma excelente sistemática de planejamento estratégico. O Orçamento da Defesa é aumentado para cerca de 2,5% do PIB.

Finalmente, no campo social, em 2030, o nível de capacitação de RH é significativamente elevado, propiciando inclusive o acesso às tecnologias de ponta. Amplia-se fortemente o interesse da sociedade em assuntos de Defesa. O governo implanta uma excelente política de valorização de RH. Além disso, ocorre um aumento forte da participação das Forças Armadas em Operações Policiais, aumentando a segurança interna.

B.3 Cenário de Alto Risco: “Brasil, o Gigante Inocente”

Para o cenário de alto risco, foram reunidas as visões de cada tema com maior valor da variável Risco (R), conforme mostrado na tabela 29.

Tabela 29: seleção do cenário de alto risco na ferramenta MAC

	Visão 1					Visão 2					Visão 3				
	P	**E**	**R**	**I**	**L**	**P**	**E**	**R**	**I**	**L**	**P**	**E**	**R**	**I**	**L**
Tema 1	3,9	2050	3,4	1,7	25,5	23,6	2028	4,3	0,5	38,8	48,2	2020	3,2	-1,4	35,8
Tema 2	7,1	2041	2,5	1,8	36,4	30,6	2024	5	0	37,2	43,5	2019	6,6	-1,6	26,4
Tema 3	6,2	2042	2,9	1,8	30,8	21,0	2026	4	0,8	36,1	50,2	2017	6,9	-1,5	33,1
Tema 4	10,1	2042	4,2	0,9	27,2	24,1	2028	4,6	0,3	35,4	32,5	2023	5,2	-0,1	37,4
Tema 5	7,2	2039	2,7	1,8	32,7	25,9	2023	4,5	0,4	34,4	35,7	2021	5,7	-0,5	32,9
Tema 6	6,5	2039	2,6	1,9	32	28,4	2024	5	0	32,7	35,5	2024	5,8	-0,6	35,2
Tema 7	16,7	2027	2,9	1,3	39,8	28,9	2020	4,5	0,4	36,7	24,8	2033	5,9	-1	23,5
Tema 8	9,2	2036	3	1,6	31,9	24,3	2023	4	0,7	38	36,1	2024	6,2	-1	30,1
Tema 9	6,4	2042	3	1,7	28,9	29,1	2024	4,7	0,2	38,4	40,6	2021	6,3	-1	32,7
Tema 10	7,7	2046	4,1	1	25,9	23,8	2025	3,6	0,9	45,9	39,3	2021	6,2	-1,2	28,1
Tema 11	6,3	2043	3	1,8	34,8	24,4	2025	4,1	0,7	41,2	41,4	2017	6,1	-1,4	24
Tema 12	6,9	2040	2,7	1,8	32,5	24,4	2023	4	0,7	38,1	43,1	2020	6,5	-1,4	29,4
Tema 13	6,9	2037	2,8	1,9	30,8	24,2	2023	3,9	0,7	37,5	43,9	2020	6,6	-1,3	31,7
Tema 14	6,9	2042	3,3	1,6	28,3	23,4	2025	4,2	0,6	36	47,0	2020	6,6	-1,3	35,7
Tema 15	7,4	2038	2,7	1,8	31,8	23,4	2024	4	0,7	37	42,4	2019	6,4	-1,1	31,2
Tema 16	7,3	2039	3	1,7	29,3	23,5	2025	4,2	0,6	36,1	47,2	2020	6,9	-1,4	34,6
Tema 17	9,6	2036	2,8	1,6	33,9	26,0	2024	4,2	0,5	38,4	41,7	2020	6,5	-1,4	27,7
Tema 18	8,2	2034	3	1,8	29,9	34,0	2021	5	0	39,4	38,8	2028	6,9	-1,7	30,8
Tema 19	25,5	2026	4,5	0,4	37,9	31,3	2021	4,8	0,1	36,3	20,8	2034	5,3	-0,3	25,8
Tema 20	7,0	2040	2,8	1,8	33,3	28,3	2024	4,7	0,2	36,6	42,7	2021	6,6	-1,4	30,1

O cenário “Brasil, o Gigante Inocente” é descrito da seguinte maneira:

Com relação à C&T no setor de Defesa, em 2030, o Brasil permanece em uma situação de dependência tecnológica fraca com relação aos países mais adiantados tecnologicamente, principalmente nas áreas espacial, nuclear e cibernética. São executados alguns projetos inovadores, mas ainda persiste a falta de programas mobilizadores. A infra-estrutura de P&D para Defesa ainda é

deficiente e o Parque Tecnológico de Defesa nunca saiu do papel, o que constitui um entrave ao desenvolvimento do setor.

No campo econômico, em 2030, a produção encontra-se totalmente desconexa da P&D. O regime normativo ainda é desorganizado, em que pese a Lei 12.598 que criou o regime tributário diferenciado para a indústria de Defesa (RETID). Com isso, o ambiente do setor permanece desfavorável à inovação, principalmente pela insuficiência de mecanismos de financiamento.

No campo político, em 2030, o Brasil não domina toda a tecnologia nuclear, nem desenvolve arma nuclear, permanecendo fiel à sua vocação pacífica e ao que é preconizado na Constituição. As iniciativas de CT&I das Forças permanecem desintegradas, com cada uma delas conduzindo P&D de forma individual e descoordenada. O planejamento estratégico é ineficaz. Para piorar a situação, o orçamento da Defesa é reduzido para cerca de 1% do PIB.

No campo militar, em 2030, não ocorre nenhum conflito entre países sulamericanos, o que é benéfico para a região como um todo, embora o clima de paz reinante no subcontinente tenda a diminuir o interesse dos países vizinhos por produtos de defesa. Além disso, o Brasil reduz sua participação em missões de paz, o que contribui para reduzir o mercado nacional para produtos de defesa. O Brasil fecha acordos insatisfatórios com poucos países importantes na área de Defesa, o que reduz ainda mais o mercado internacional para produtos de defesa.

No campo social, em 2030, em que pese os recursos humanos possuírem adequada capacitação, não é dado acesso às tecnologias de ponta de interesse da Defesa. A política de valorização de RH ainda é insuficiente. A participação das Forças Armadas em Operações Policiais é reduzida, o que não contribui para melhoria da segurança pública. Com isso, a sociedade brasileira demonstra pouco interesse em assuntos de Defesa, acreditando que se trata de um problema “dos militares”, ou de pouca importância para o País.

B.4 Cenário Prioritário: “Acorda Brasil: Ainda Há Tempo”

O último dos quatro cenários apresentados nesta tese é o cenário prioritário, formado a partir da reunião das visões com o maior valor da variável prioridade (P), selecionadas na ferramenta MAC, conforme mostra a tabela 30.

Tabela 30: seleção do cenário prioritário na ferramenta MAC

	Visão 1					Visão 2					Visão 3				
	P	**E**	**R**	**I**	**L**	**P**	**E**	**R**	**I**	**L**	**P**	**E**	**R**	**I**	**L**
Tema 1	3,9	2050	3,4	1,7	25,5	23,6	2028	4,3	0,5	38,8	48,2	2020	3,2	-1,4	35,8
Tema 2	7,1	2041	2,5	1,8	36,4	30,6	2024	5	0	37,2	43,5	2019	6,6	-1,6	26,4
Tema 3	6,2	2042	2,9	1,8	30,8	21,0	2026	4	0,8	36,1	50,2	2017	6,9	-1,5	33,1
Tema 4	10,1	2042	4,2	0,9	27,2	24,1	2028	4,6	0,3	35,4	32,5	2023	5,2	-0,1	37,4
Tema 5	7,2	2039	2,7	1,8	32,7	25,9	2023	4,5	0,4	34,4	35,7	2021	5,7	-0,5	32,9
Tema 6	6,5	2039	2,6	1,9	32	28,4	2024	5	0	32,7	35,5	2024	5,8	-0,6	35,2
Tema 7	16,7	2027	2,9	1,3	39,8	28,9	2020	4,5	0,4	36,7	24,8	2033	5,9	-1	23,5
Tema 8	9,2	2036	3	1,6	31,9	24,3	2023	4	0,7	38	36,1	2024	6,2	-1	30,1
Tema 9	6,4	2042	3	1,7	28,9	29,1	2024	4,7	0,2	38,4	40,6	2021	6,3	-1	32,7
Tema 10	7,7	2046	4,1	1	25,9	23,8	2025	3,6	0,9	45,9	39,3	2021	6,2	-1,2	28,1
Tema 11	6,3	2043	3	1,8	34,8	24,4	2025	4,1	0,7	41,2	41,4	2017	6,1	-1,4	24
Tema 12	6,9	2040	2,7	1,8	32,5	24,4	2023	4	0,7	38,1	43,1	2020	6,5	-1,4	29,4
Tema 13	6,9	2037	2,8	1,9	30,8	24,2	2023	3,9	0,7	37,5	43,9	2020	6,6	-1,3	31,7
Tema 14	6,9	2042	3,3	1,6	28,3	23,4	2025	4,2	0,6	36	47,0	2020	6,6	-1,3	35,7
Tema 15	7,4	2038	2,7	1,8	31,8	23,4	2024	4	0,7	37	42,4	2019	6,4	-1,1	31,2
Tema 16	7,3	2039	3	1,7	29,3	23,5	2025	4,2	0,6	36,1	47,2	2020	6,9	-1,4	34,6
Tema 17	9,6	2036	2,8	1,6	33,9	26,0	2024	4,2	0,5	38,4	41,7	2020	6,5	-1,4	27,7
Tema 18	8,2	2034	3	1,8	29,9	34,0	2021	5	0	39,4	38,8	2028	6,9	-1,7	30,8
Tema 19	25,5	2026	4,5	0,4	37,9	31,3	2021	4,8	0,1	36,3	20,8	2034	5,3	-0,3	25,8
Tema 20	7,0	2040	2,8	1,8	33,3	28,3	2024	4,7	0,2	36,6	42,7	2021	6,6	-1,4	30,1

Comparando as tabelas 29 e 30, verifica-se que o cenário prioritário é bastante semelhante ao cenário de alto risco, compartilhando várias visões em comum, na maioria dos temas. Assim, o cenário “Acorda Brasil: Ainda Há tempo” é descrito com se segue:

Com relação à C&T no setor de Defesa, em 2030, o Brasil permanece em uma situação de dependência tecnológica forte com relação aos países mais

adiantados. São executados alguns projetos inovadores, mas ainda persiste a falta de programas mobilizadores. A infra-estrutura de P&D para Defesa ainda é deficiente e o Parque Tecnológico de Defesa nunca saiu do papel, o que constitui um entrave ao desenvolvimento do setor.

No campo econômico, em 2030, a produção encontra-se totalmente desconexa da P&D. O regime normativo ainda é desorganizado, em que pese a Lei 12.598 que criou o regime tributário diferenciado para a indústria de Defesa (RETID). Com isso, o ambiente do setor permanece desfavorável à inovação, principalmente pela insuficiência de mecanismos de financiamento.

No campo político, em 2030, o Brasil não domina toda a tecnologia nuclear, nem desenvolve arma nuclear, permanecendo fiel à sua vocação pacífica e ao que é preconizado na Constituição. As iniciativas de CT&I das Forças permanecem desintegradas, com cada uma delas conduzindo P&D de forma individual e descoordenada. O planejamento estratégico é ineficaz. Para piorar a situação, o orçamento da Defesa é reduzido para cerca de 1% do PIB.

No campo militar, em 2030, não ocorre nenhum conflito entre países sulamericanos, o que é benéfico para a região como um todo, embora o clima de paz reinante no subcontinente tenda a diminuir o interesse dos países vizinhos por produtos de defesa. Além disso, o Brasil mantém o nível de participação em missões de paz nos moldes de 20 anos atrás. O Brasil fecha acordos insatisfatórios com poucos países importantes na área de Defesa, o que reduz ainda mais o mercado internacional para produtos de defesa.

No campo social, em 2030, em que pese os recursos humanos possuírem adequada capacitação, não é dado acesso às tecnologias de ponta de interesse da Defesa. A política de valorização de RH ainda é insuficiente. Há uma razoável participação das Forças Armadas em Operações Policiais. Com isso, a sociedade brasileira demonstra pouco interesse em assuntos de Defesa, acreditando que se trata de um problema “dos militares”, ou de pouca importância para o País.

APÊNDICE C – DESCRIÇÃO DAS TECNOLOGIAS

Este apêndice apresenta a descrição das tecnologias de interesse da Defesa, incluindo as 23 tecnologias já definidas no documento do MD que trata do assunto e mais as cinco tecnologias apontadas nesta pequisa como sendo de interesse para a Defesa.

C.1 Fusão de Dados

Objetivo

Visa criar ambientes onde sejam integrados meios de comando, controle, comunicações e inteligência (C3I), essenciais para o desenvolvimento de operações de defesa.

Descrição da área tecnológica

Trata da capacidade de reunir dados oriundos de bancos de memória já estabelecidos e continuamente realimentados e dados oriundos de sensores ativos e passivos distribuídos na cobertura de uma área de interesse para, em tempo real, auxiliar o processo decisório em situações complexas e de conflito, com todas as restrições aplicáveis ao cenário considerado. As tecnologias envolvidas nesta área são interface homem-máquina, sistemas distribuídos de sensoriamento em tempo real, segurança multinível, desenvolvimento de algoritmos e de sistemas especialistas. Tem grandes interfaces com as áreas dos Sistemas de Informação, Ambiente de Sistemas de Armas e Inteligência de Máquinas e Robótica.

C.2 Microeletrônica

Objetivo

Visa permitir o desenvolvimento de componentes e circuitos dedicados a sistemas nacionais de defesa, com baixa dependência externa, evoluindo-se daí para aplicações em nanotecnologia.

Descrição da área tecnológica

Trata da concepção, desenvolvimento, teste, produção e utilização de componentes e circuitos microeletrônicos. As principais tecnologias envolvidas são a produção de materiais semicondutores em escala de micrômetros, processos de preparação e fabricação de wafers, encapsulamento, montagem e teste de componentes, ferramentas de projeto de circuitos complexos de microeletrônica auxiliada por computador (Computer-Aided Design - CAD) e robustez de circuitos perante interferências e radiações.

C.3 Sistemas de Informação

Objetivo

Visa permitir o desenvolvimento de sistemas computacionais completos, robustos e dedicados à operacionalidade dos meios nacionais de defesa.

Descrição da área tecnológica

Trata do conjunto de tecnologias de hardware e software dedicadas a aplicações em sistemas de defesa. Dentre elas pode-se citar o grupo de arquiteturas de computação paralela (integração de processadores heterogêneos e distribuídos, de sistemas e periféricos dedicados, projeto de arquiteturas, desenvolvimento de algoritmos, ferramentas, linguagens, compiladores, sistemas operacionais e debugadores), confiabilidade de software (software para aplicações em tempo real, software tolerante à falha, ambientes e processos de geração automática de software), e processamento de sinais (desenvolvimento de técnicas de filtragem, processamento multidimensional adaptativo e processamento de sinais de matrizes controladas por fases). Tem grandes interfaces com as áreas de Fusão de Dados, de Ambiente de Sistemas de Armas e de Inteligência de Máquinas e Robótica.

C.4 Radares de Alta Sensibilidade

Objetivo

Visa dotar a Defesa Nacional da capacidade de sensoriar remotamente qualquer área do País, a qualquer instante do dia ou da noite, e em qualquer condição meteorológica.

Descrição da área tecnológica

Trata do conjunto de tecnologias associadas a radares de banda larga, radares a laser, sensores para identificação não-cooperativa e radares de abertura sintética (SAR) de pequeno tamanho. Tem grande interação com as áreas de Sistemas de Informação e Controle de Assinaturas.

C.5 Ambiente de Sistemas de Armas

Objetivo

Visa permitir à Defesa Nacional o conhecimento do ambiente da atmosfera, das águas e da superfície terrestre onde poderão desenvolver-se ações militares, bem como da propagação de sinais de quaisquer tipos nestes ambientes, de forma a poder extrair as melhores condições de operação.

Descrição da área tecnológica

Trata do conjunto de tecnologias associadas a sensoriamento remoto ambiental de alta resolução, previsão de características ambientais com alta acurácia (meteorologia de precisão) e modelos de cenário para projeto e avaliação de sistemas de armas. Tem grande interação com as áreas de Fusão de Dados, Sistemas de Informação e Sensores Ativos e Passivos.

C.6 Materiais de Alta Densidade Energética

Objetivo

Visa permitir à Defesa Nacional o desenvolvimento, a fabricação e o emprego de propelentes e explosivos de alto desempenho ou destinados a aplicações especiais.

Descrição da área tecnológica

Trata do conjunto de tecnologias associadas a materiais energéticos de alto desempenho, baixa vulnerabilidade e baixa sensibilidade à ativação, propelentes não-tóxicos e de alto desempenho para aplicações espaciais e explosivos de alto desempenho, alta energia de fragmentação e alto poder de penetração.

C.7 Hipervelocidade

Objetivo

Visa permitir à Defesa Nacional conceber, desenvolver e utilizar Sistemas de Armas que empreguem projéteis com velocidades hipersônicas.

Descrição da área tecnológica

Trata do conjunto de tecnologias associadas a escoamentos de alta velocidade, no regime hipersônico, ou outros meios propulsivos em conexão com o projeto, propulsão e interação de projéteis hipervelozes e seus alvos em potencial.

C.8 Potência Pulsada

Objetivo

Visa permitir à Defesa Nacional conceber, desenvolver e utilizar Sistemas de Armas que empreguem energias concentradas em espaços geográficos limitados e com efeitos localizados.

Descrição da área tecnológica

Trata do conjunto de tecnologias associadas com a concentração e liberação de alta quantidade de energia em local de dimensões reduzidas, em pulsos, envolvendo técnicas de micro-ondas, laser e acústica, ente outras possibilidades. Essas técnicas envolvem genericamente fontes compactas de alta potência, condicionamento e comutação de potência.

C.9 Navegação Automática de Precisão

Objetivo

Visa permitir à Defesa Nacional a capacidade de ter veículos navegando precisamente segundo trajetórias prédefinidas, de maneira controlada ou autônoma.

Descrição da área tecnológica

Trata do conjunto de tecnologias requeridas para identificar posição geo-referenciada e velocidade em tempo real, de forma a permitir a navegação, segundo controle humano do solo, ou navegação autônoma, segundo programação prévia, incluindo os sensores, computadores embarcados, atuadores e interfaces analógicas e/ou digitais requeridas. Tem forte interação com as áreas de Tecnologia da Informação e Inteligência de Máquinas e Robótica.

C.10 Materiais Compostos

Objetivo

Visa permitir à Defesa Nacional a capacidade de conceber, desenvolver e construir estruturas resistentes e eficientes para diversas aplicações militares.

Descrição da área tecnológica

Trata do conjunto de tecnologias necessárias para a pesquisa, desenvolvimento, qualificação, produção e emprego de novos materiais envolvendo

matrizes poliméricas, metálicas, cerâmicas, de carbono, ou de outras classes, com diversos tipos de fibras reforçadoras. O objetivo a atingir nesta área é o de obter condições cada vez mais vantajosas em termos de peso, absorção de energia eletromagnética, resistência mecânica estática, dinâmica, a impactos, à fadiga e à cargas térmicas e resistência à erosão pela submissão desses materiais a escoamentos química e eletromagneticamente reativos.

C.11 Dinâmica de Fluidos Computacional

Objetivo

Visa dotar a Defesa Nacional da capacidade de equacionar e resolver qualquer problema de seu interesse que envolva o escoamento de fluidos, com ou sem efeitos de calor, reação química ou de origem eletromagnética.

Descrição da área tecnológica

Trata do conjunto de conhecimentos e tecnologias associadas à modelagem e solução em computador das equações da Mecânica dos Fluidos envolvendo variáveis como massa específica, pressão, temperatura e três componentes da velocidade do fluido. Essas seis variáveis aparecem em forma não-linear e intricada nas equações de Navier-Stokes: conservação da massa, momentum, energia e gás perfeito. No contexto de escoamentos hipersônicos, vêm se juntar a esse conjunto equações de cinética química, interações eletromagnéticas e outras relações constitutivas.

C.12 Sensores Ativos e Passivos

Objetivo

Visa dotar o País da independência externa na concepção, desenvolvimento e fabricação de sensores de qualquer tipo, de forma a permitir a defesa contra vetores inimigos e o monitoramento em tempo real do status de nossos Sistemas de Armas.

Descrição da área tecnológica

Trata do conjunto de tecnologias associadas ao desenvolvimento, qualificação e integração a sistemas de defesa de sensores que recebam sinais de qualquer tipo (passivos) ou que ativamente emitam algum tipo de sinal e recolham respostas das emissões para fins de identificação e/ou coleta de inteligência sobre alvos de interesse (ativos). Inclui sensores que operam nas faixas do ultravioleta, visível e infravermelho do espectro eletromagnético e outros que operam nas faixas de freqüências do espectro acústico. Esta área tem forte interação com a área de Controle de Assinaturas.

C.13 Fotônica

Objetivo

Visa dotar o País de soluções próprias quanto a dispositivos sensores, de comunicação e de transmissão de potência que empreguem a luz em substituição à corrente eletrônica, permitindo robustecer sistemas quanto a interferências de radiações ionizantes e não-ionizantes que costumam desabilitar a operação de circuitos elétricos e eletrônicos usuais.

Descrição da área tecnológica

Trata do conjunto de tecnologias associadas a dispositivos que empreguem a luz como elemento sensor, condutor de informações de qualquer tipo ou condutor de potência. Dentre esses dispositivos, citam-se aqueles baseados em fibra óptica, como sensores e redes de comunicação e de potência, dispositivos ópticos como diodos laser, moduladores, comutadores e interconectores, e circuitos de óptica integrada.

C.14 Inteligência de Máquinas e Robótica

Objetivo

Visa dotar o País da capacidade de conceber, desenvolver, produzir e operar veículos que possam operar de maneira pré-programada ou autônoma, reagindo de maneira inteligente a mudanças de cenários em tempo real.

Descrição da área tecnológica

Trata do conjunto de tecnologias associadas à aquisição e à representação do conhecimento, inteligência artificial, sistemas especialistas, interface homem-máquina, sensores, atuadores, controladores e dispositivos mecânicos articulados para atuação em tempo real. Esta área tem forte interação com as áreas de Tecnologia da Informação e Guiagem Automática de Precisão.

C.15 Controle de Assinaturas

Objetivo

Visa desenvolver todos os meios para dificultar a identificação e a visualização pelo inimigo de nossos vetores de defesa e maximizar a nossa capacidade de identificação e visualização dos vetores de ataque do inimigo.

Descrição da área tecnológica

Trata do conjunto de tecnologias associadas ao controle de assinaturas de alvos em todo o espectro de freqüências conhecido. Incluem-se aqui as assinaturas de sinal radar, termal, visual e acústico, bem como as formas de propagação desses sinais, particularmente das ondas acústicas em meio ao ar e à água. Esta área tem grande interação com a área de Sensores Ativos e Passivos.

C.16 Energia Nuclear

Objetivo

Visa dotar o País de soluções energéticas móveis de natureza nuclear, de forma a permitir a operação de grandes Sistemas de Armas autônomos em regiões desprovidas de infra-estrutura, quer seja na superfície de terras ou águas, ou ainda de Sistemas de Armas submersos.

Descrição da área tecnológica

Trata do conjunto de tecnologias requeridas para o domínio do conhecimento, da capacidade de concepção, desenvolvimento, qualificação, produção, operação e manutenção de reatores nucleares para aplicações de interesse da Defesa Nacional.

C.17 Sistemas Espaciais

Objetivo

Visa dotar o País da capacidade de sondar o nosso espaço aéreo em qualquer altitude com quaisquer tipos de sensores e de colocar em órbita do planeta satélites de quaisquer aplicações de interesse da Defesa Nacional.

Descrição da área tecnológica

Trata do conjunto de tecnologias requeridas para o domínio do conhecimento, da capacidade de concepção, desenvolvimento, qualificação, produção, operação e acompanhamento de foguetes de sondagem, veículos lançadores de satélites, satélites e outros sistemas espaciais para aplicações de interesse da Defesa Nacional. Trata-se de área bastante verticalizada, com forte interação com muitas outras Áreas Estratégicas.

C.18 Propulsão com Ar Aspirado

Objetivo

Visa dar ao País a capacidade autônoma de propulsão de qualquer tipo na atmosfera inferior, com aproveitamento do oxigênio como comburente.

Descrição da área tecnológica

Trata do conjunto de tecnologias associadas a escoamentos quimicamente reativos da aerotermodinâmica, sistemas com alta razão de compressão, câmaras de combustão e turbinas de alta temperatura, escapamentos de geometria variável, de baixa assinatura, e materiais leves e resistentes, estrutural e termicamente.

C.19 Materiais e Processos em Biotecnologia

Objetivo

Visa capacitar o País a desenvolver, processar e empregar materiais naturais de origem orgânica ou materiais sintetizados de mesma origem que tenham propriedades de interesse da Defesa Nacional.

Descrição da área tecnológica

Trata do conjunto de tecnologias da área biológica que têm aplicação dual e podem ser adaptadas para emprego na Defesa Nacional. Dentre elas citam-se o uso de materiais naturais, fibras, enzimas, catalisadores, lubrificantes, aromáticos, bio-sensores, materiais orgânicos com propriedades eletro-ópticas, resinas orgânicas estruturais, técnicas em biocorrosão, em biomímica, processos naturais e ambientais.

C.20 Defesa Química, Biológica e Nuclear

Objetivo

Visa congregar e coordenar tecnologias para ampliar a capacidade nacional de desenvolver ações de caráter eminentemente defensivo, corretivo e de sobrevivência em um cenário envolvendo uso de armas de origem química, biológica e nuclear.

Descrição da área tecnológica

Trata do conjunto de tecnologias requeridas para a Defesa Nacional em caso de ataques terroristas ou de forças regulares que empreguem armas de destruição em massa de operação química, biológica ou nuclear.

C.21 Integração de Sistemas

Objetivo

Visa estimular a capacidade nacional de integrar a operação de dois ou mais Sistemas de Armas de qualquer tipo, de forma a alcançar-se na operação conjunta uma maior eficiência e sinergia das potencialidades de cada Sistema individualmente considerado.

Descrição da área tecnológica

Trata do conjunto de tecnologias requeridas para integração de áreas tecnológicas, de forma a produzir macrosistemas de operação em tempo real. Fala-se aqui da integração das áreas de Fusão de Dados, Sistemas de Informação, Ambiente de Sistemas de Armas, Controle de Assinaturas e outras, dependendo do tipo de aplicação.

C.22 Supercondutividade

Objetivo

Visa identificar, pesquisar e desenvolver aplicações de qualquer tipo, de interesse da Defesa Nacional, que empreguem materiais supercondutores.

Descrição da área tecnológica

Trata do conjunto de tecnologias associadas ao desenvolvimento, processamento e aplicação de materiais de classe HTS (com temperatura de transição menor que 23 K) e LTS (com temperatura de transição maior que 23 K), bem como a integração dos mesmos com dispositivos semicondutores. Sem dúvida, tecnologias de criogenia fazem parte desta área.

C.23 Fontes de Energia Renováveis

Objetivo

Visa dotar tanto defensores isolados quanto Sistemas de Armas de maior dimensão da capacidade de operação em qualquer cenário com razoável margem de oferta energética, de forma a reduzir a dependência logística.

Descrição da área tecnológica

Trata do conjunto de tecnologias que permitam o funcionamento por longo período de unidades móveis autônomas ou que apóiem as necessidades de energia de soldados, individualmente considerados, a qualquer hora do dia ou da noite. Dentre as possibilidades conhecidas hoje destacam-se as células combustível à base de hidrogênio e fontes nucleares móveis. Não estão descartadas outras opções, como a energia solar, desde que elas venham a demonstrar praticabilidade operacional.

Além das 23 tecnologias definidas formalmente pelo Ministério da Defesa, propõe-se a seguinte definição para as outras cinco tecnologias abordadas neste trabalho e que foram consideradas de interesse para a Defesa:

C.24 Nanotecnologia

Objetivo

Visa capacitar o País a pesquisar e desenvolver aplicações de qualquer tipo, de interesse da Defesa Nacional, que empreguem em sua estrutura materiais manipulados em escala nanométrica.

Descrição da área tecnológica

Trata do conjunto de tecnologias associadas à manipulação da matéria em escala nanométrica, isto é, na dimensão de 10^{-9} m, ou 1 bilionésimo de metro. Dentre as aplicações possíveis, citam-se nanorobôs, remédios, catalisadores, células solares e baterias mais eficientes.

C.25 Biotecnologia

Objetivo

Visa capacitar o País a pesquisar e desenvolver aplicações de qualquer tipo, que empreguem organismos vivos ou parte deles, para a produção de bens e serviços de interesse da Defesa Nacional

Descrição da área tecnológica

Trata do conjunto de tecnologias associadas ao uso de conhecimentos sobre os processos biológicos e sobre as propriedades dos seres vivos, com o fim de resolver problemas e criar produtos de utilidade. Dentre as possíveis aplicações citam-se remédios, vacinas, alimentos, combustíveis, vestimentas com características especiais e até mesmo armas biológicas.

C.26 Materiais Avançados

Objetivo

Visa capacitar o País a pesquisar e desenvolver aplicações de qualquer tipo, de interesse da Defesa Nacional, que empreguem em sua estrutura materiais com propriedades superiores.

Descrição da área tecnológica

Trata do conjunto de tecnologias associadas à manipulação da matéria, que resultem em materiais com propriedades superiores em termos de resistência, elasticidade, ductibilidade, compressibilidade, impenetrabilidade, transmissão/absorção de energia, dentre outras. Os materiais avançados incluem quatro subcategorias: polímeros, cerâmicas, metais e compósitos. Dentre as possíveis aplicações de interesse da Defesa, destacam-se blindagens, proteções balísticas individuais, projéteis de alta capacidade de penetração, e materiais leves.

C.27 Energia Dirigida

Objetivo

Visa capacitar o País a pesquisar e desenvolver aplicações de qualquer tipo, de interesse da Defesa Nacional, que empreguem energia dirigida.

Descrição da área tecnológica

Trata do conjunto de tecnologias associadas ao direcionamento de qualquer tipo de energia, por outros meios que não o cinético. Dentre as possíveis aplicações destacam-se o LASER, as armas de microondas de alta potência e as armas de pulso eletromagnético.

C.28 Cibernética

Objetivo

Visa dar ao País a capacidade de usar soberanamente e com liberdade de ação o espaço cibernético – entendido como o conjunto das redes de comando, controle, comunicações e computação e seus respectivos equipamentos – defendendo-se de ataques realizados nesse ambiente virtual, bem como pesquisar e desenvolver aplicações, de interesse da Defesa Nacional, a fim de realizar, se necessário, ações ofensivas no ciberespaço.

Descrição da área tecnológica

Trata do conjunto de tecnologias necessárias para desenvolver aplicações passíveis de ser empregadas no ciberespaço, que permita à Defesa Nacional realizar ações defensivas e ofensivas no espaço cibernético. Dentre as possíveis aplicações destacam-se *firewalls*, vírus, cavalos de tróia, *worms*, sistemas operacionais, compiladores, bancos de dados, etc.

APÊNDICE D – MULTIPLICAÇÃO DE MATRIZES

Se A é uma matriz *n×m* e B é uma matriz *m×p*, o resultado AB da sua multiplicação é uma matriz *n×p* definida apenas se o número de colunas *m* de A é igual ao número de linhas *m* de B. Assim, para duas matrizes

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} A_{11} & A_{12} & \cdots & A_{1m} \\ A_{21} & A_{22} & \cdots & A_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_{n1} & A_{n2} & \cdots & A_{nm} \end{pmatrix}, \quad \mathbf{B} = \begin{pmatrix} B_{11} & B_{12} & \cdots & B_{1p} \\ B_{21} & B_{22} & \cdots & B_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ B_{m1} & B_{m2} & \cdots & B_{mp} \end{pmatrix}$$

(nas quais necessariamente o número de colunas de A é igual ao número de linhas de B), a matriz-produto AB é definida por

$$\mathbf{AB} = \begin{pmatrix} (AB)_{11} & (AB)_{12} & \cdots & (AB)_{1p} \\ (AB)_{21} & (AB)_{22} & \cdots & (AB)_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ (AB)_{n1} & (AB)_{n2} & \cdots & (AB)_{np} \end{pmatrix}$$

onde a matriz AB tem elementos definidos por

$$(AB)_{ij} = \sum_{k=1}^{m} A_{ik}B_{kj}.$$

A figura D.1 ilustra o produto de duas matrizes A e B.

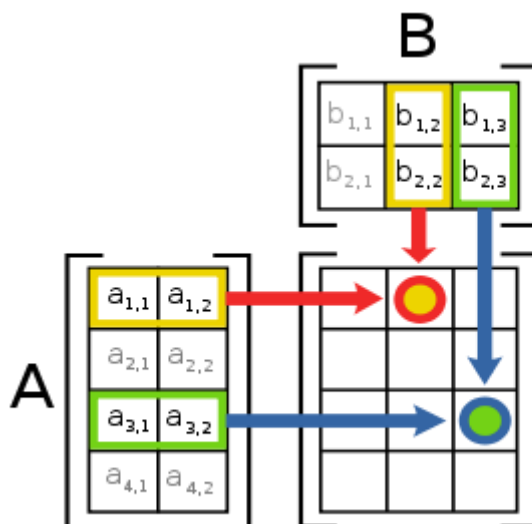



Figura D.1: multiplicação das matrizes A e B

APÊNDICE E – QUESTÕES DO EXAME DE QUALIFICAÇÃO

No exame de qualificação, foram levantadas diversas questões/observações importantes que deveriam ser aprofundadas no decorrer da pesquisa. Todas elas foram anotadas na ocasião do exame e procurou-se atendê-las integralmente, da forma mais abrangente e profunda possível. No quadro 36, são apresentadas as aludidas questões/observações e o local no texto onde se procurou atender às mesmas.

Quadro 36: questões do exame de qualificação

Item	Questão/Observação	Capítulo/Seção/Subseção
1	Pegar 6 tecnologias críticas e levantar onde estão os principais grupos de pesquisa (usar Lattes)	5.8. Centros e Grupos de P&D.
2	No final fechar com matriz SWOT	5.11. Análise SWOT
3	O que é o setor de defesa	5. O Setor de Defesa no Brasil
4	Dados sobre gastos militares	5.6. Gastos militares
5	Definir quem é quem no setor de defesa (os atores)	5.2. Modelo Conceitual
6	Previsão (forecast) x foresight (estudos do futuro, construir o futuro)	2.2.2. Análise Prospectiva
7	Pergunta fundamental: para que eu quero fazer análise prospectiva?	1.1.1. Problema
8	Tecnologias sensíveis, críticas, como eu priorizo a P&D? (Priorização tecnológica: UNICAMP, CGEE, INPE, MACROPLAN)	6.7.4. Priorização tecnológica
9	Avançar conceitualmente e teoricamente	2.2.2. Análise Prospectiva
10	Contextualização do setor de defesa: RU, Índia, China (trabalho do Galvão)	5.2. Contextualização do setor de defesa no mundo
11	Verificar os estudos prospectivos do setor de defesa de outros países	4. A Análise Prospectiva em Defesa no Mundo
12	Variáveis importantes	1.1.3. Variáveis
13	Transferência de tecnologia	5.8.3. Estratégia Nacional de Defesa
14	Poder de compra do governo	5.5. Governo
15	Academia	5.7. Academia

16	Questão metodológica	3. Metodologia de Pesquisa
17	Propondo desenvolver uma ferramenta, será que é valido como tese de doutorado? Porque usar tal ferramenta de análise prospectiva?	1. Introdução
18	Qual o tipo de análise prospectiva mais adequada ao setor de defesa?	6.9. Conclusão parcial
19	Desenvolver ferramenta como “subproduto” da tese	6.6. Matriz de Análise de Cenários (MAC)
20	Entender o setor de defesa é central para definir o tipo de análise prospectiva	5. O Setor de Defesa no Brasil
21	Instituto de Estocolmo e Instituto de Estudos Estratégicos de Londres	5.6 Governo
22	Gastos militares X gastos em defesa	5.5.2. Gastos em defesa x gastos militares
23	Gastos com inovação em defesa	5.3.2. Gastos com inovação em defesa
24	Quais são as características do sistema de inovação em defesa?	5.13. Conclusão parcial
25	Princípio brasileiro na área de defesa: independência	5.8.3. Estratégia Nacional de Defesa
26	Que tipo de tecnologia devemos ter em 2030?	6.4. Tecnologias de interesse
27	Quais os cenários internacionais (desenvolver, comprar, desenvolver em conjunto)?	5.2. Contextualização do setor de defesa no mundo
28	Adquirir o conhecimento sobre análise prospectiva é mais importante do que desenvolver a ferramenta	2.2.2. Análise Prospectiva
29	Problematizar a análise prospectiva	1. Introdução
30	Cuidado com a demanda social	6.5. Terceiro eixo: cenários prospectivos da industria de defesa
31	Método Grumbach	2.2.3.3.9. Método Grumbach
32	Função latente da análise prospectiva: legitimar	1. Introdução
33	Metodologia	6. Metodologia de Análise Prospectiva e Resultados
34	Questão da análise prospectiva: o que é?	2.2.2. Análise Prospectiva
35	Delimitar o setor de defesa (materiais de defesa, tecnologias)	5. O Setor de Defesa no Brasil

36	Questão de modelo	5.2 Modelo conceitual
37	Colocar as páginas nas referências	Referências
38	Explicar um pouco mais a metodologia	3. Metodologia de Pesquisa

[1] Teoria dos caracteres adquiridos, elaborada pelo naturalista francês Jean-Baptiste de Lamark (1744-1829), segundo a qual as características fisiológicas adquiridas ao longo da vida de um indivíduo seriam transmitidas para os descendentes. Essa teoria caiu em descrédito na biologia, após a comprovação da genética.

[2] STEEPV é um acrônimo que significa Social, Tecnológica, Econômica, Ambiental (Environmental), Politica e Valor. É utilizado para agrupar as idéias nessas categorias.

[3] A Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico é composta pelos seguintes países: Austrália, Áustria, Alemanha, Bélgica, Canadá, Coréia do Sul, Dinamarca, Espanha, Estados Unidos, Finlândia, França, Grã-Bretanha, Grécia, Holanda, Hungria, Islândia, Irlanda, Itália, Japão, Luxemburgo, México, Nova Zelândia, Noruega, Polônia, Portugal, República Tcheca, Suécia, Suíça e Turquia.

[4] TRL é um acrônimo para o termo em língua inglesa Technology Readiness Level, que significa nível de maturidade da tecnologia. O Departamento de Defesa norte-americano utiliza 9 níveis de maturidade de tecnologia, a saber: princípios básicos observados; formulação de conceito tecnológico; prova de conceito; validação da tecnologia em testes de laboratório; validação da tecnologia em testes de campo; protótipo conceitual testado em campo; protótipo conceitual demonstrado em ambiente operacional; protótipo final testado em campo; protótipo final empregado em ambiente operacional real.

5 Os nove princípios de guerra são: objetivo, ofensiva, massa, manobra, surpresa, segurança, simplicidade, economia de meios e unidade de comando.